

ALOMETRIAS DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES CORPORALES, TEJIDOS Y MEDIDAS DE LA CANAL EN CONEJO. I.

J. Deltoro, Ana María Lopez y A. Blasco

Catedra de Fisiogenética de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA. C/ Camino de Vera, 14. VALENCIA, 22. SPAIN

INTRODUCCION

El conejo es una especie cuya importancia productiva va en aumento hasta el punto de haberse equiparado ya, en España, a la de ovino. Siendo la carne su principal producto resulta esencial, tanto desde un punto de vista teórico como práctico, estudiar su crecimiento con objeto de establecer las leyes que lo regulan. Son muy escasos los trabajos publicados que abordan este tema como objetivo central y con la suficiente precisión. Cabría citar referente a curvas de crecimiento el de Lehman(1980) y a alometrías de crecimiento los del grupo de investigadores de la Station de Physiologie Animal del I.N.R.A.(Cantier et al., 1969; Baron et al., 1970; Vezinhet et al.,1972; Cantier et al., 1974; Vezinhet et Prud'hon, 1975 y Dulor et al., 1976).

Dentro del amplio campo del crecimiento uno de los aspectos mas interesantes es el crecimiento diferencial de cada uno de los componentes del animal. Esto motiva cambios progresivos en los porcentajes de los componentes sobre peso vivo.

El objetivo de este trabajo es utilizar las ecuaciones alométricas, de acuerdo con lo propuesto por Huxley(1932) y Tessier(1948), para estudiar el crecimiento diferencial en el conejo. Es preciso remarcar que este trabajo se encuadra en un programa mas amplio que incluye el estudio de curvas de crecimiento y evolución de la composición química de músculo y hueso lo que explica ciertas particularidades del método que no hubieran sido necesarias de tratarse solamente de alometrías.

MATERIAL Y METODOS

Los animales utilizados pertenecen a dos líneas de origen Neozelandés y California. En el estudio se consideraron machos y hembras por separado.

Dada la necesidad de sacrificar el animal para realizar las mediciones cada individuo aportaba información solamente de una edad determinada. Ello obligó a la utilización de un diseño "cross-sectional"(Seebeck, 1968 y Cantier et al., 1969).

Los conejos se sacrificaron a intervalos de una semana desde la primera a la veintaseismana de edad. A partir de valores previos para ciertas edades se estableció una curva de crecimiento que indicaba el peso medio de nuestra población en cada uno de los momentos de sacrificio. Los animales se escogían al azar entre aquellos cuyo peso se encontraba en un intervalo de $\pm 10\%$ en torno al valor medio para la edad.

Con el fin de evitar la posible influencia ambiental se consideraron cuatro periodos a lo largo de un año de trabajo experimental, de manera que en cada uno de ellos se sacrificara un animal para cada una de las combinaciones edad-sexo-línea. El número total de conejos utilizados fue de 320.

Una vez sacrificado el animal se procedía a su disección realizando las siguientes mediciones:

A) Peso vivo vacío: peso vivo menos los contenidos del tubo digestivo y de la vejiga de la orina. Seebeck(1968) en su revisión sobre estudios de composición corporal aconseja usar este parámetro como variable independiente, pues elimina el nivel de ingestión y el grado de repleción en el momento del sacrificio como importantes factores de variación.

En las alometrías de medidas de la canal el peso vivo vacío se usa como una expresión exacta y fácil de determinar del tamaño total (Kidwell et al., 1979).

- B) Vísceras: tubo digestivo, hígado, riñones, timo y traquea-corazón-pulmón en conjunto. La sangre se incluyó también en este apartado.
- C) Partes de la canal: cabeza (seccionada a nivel de la articulación atlas-axis), extremidad anterior (incluyendo los músculos de inserción en el tronco), costillar (desde la articulación atlas-axis hasta la última vertebra dorsal), lomo (incluyendo vertebra sacras y caudales) y extremidad posterior (incluyendo el hueso sacro).
- D) Tejidos: músculo, hueso y grasa totales; obtenidos a partir de la disección de cada una de las partes de la canal.
- E) Medidas externas: longitud canal (entre la apófisis espinosa del atlas y de la última vertebra sacra), longitud lomo (entre apófisis espinosa de la primera y última vertebra lumbar), longitud extremidad posterior (entre apófisis espinosa de la última vertebra lumbar y la inserción del tendón calcaneus comunis), anchura canal (entre los terceros trocánteres de cada femur), anchura extremidad posterior (desde el extremo del ala del ileón hasta la tuberosidad isquiática) y circunferencia (a nivel de la séptima vertebra lumbar, incluyendo la pared abdominal). Varias de estas medidas han sido propuestas por Delaveau (1978) para la tipificación de canales de conejo.
- F) Medidas de las extremidades: longitudes (entre extremos distales de las epifisis) y diámetros medios (media de dos diámetros perpendiculares en el punto central de la diáfisis; Nimmo et al. 1981) de húmero, radio, fémur y tibia.

Se ajustó la ecuación alométrica por regresión lineal utilizando la transformación logarítmica, como suele ser habitual.

En el caso que se creyó conveniente ajustar los datos a dos rectas el proceso seguido fue:

1º) Determinación del punto de cambio de alometría: se estimó como el punto medio del segmento que une el último punto estimado de la primera recta y el primero de la segunda recta. La pareja de rectas elegida fue la que mostró menor varianza residual en conjunto.

2º) Ajuste de las rectas: se ajustó nuevamente el par de rectas mencionado, con la restricción de que ambas pasaran por el punto de cambio de alometría previamente determinado. Se disminuyeron en uno los grados de libertad, dado que habíamos utilizado información de los propios datos al estimar el punto de cambio.

Los ajustes se hicieron por separado en sexos y líneas, realizándose posteriormente tests de comparación de rectas con objeto de averiguar si eran o no diferentes significativamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

No aparecieron diferencias significativas entre líneas y sólo la grasa difirió significativamente entre sexos.

A) Vísceras: la Tabla I presenta los valores a partir de los cuales se pueden obtener las ecuaciones alométricas respecto a peso vivo vacío de vísceras. Casi todos los elementos considerados presentaban coeficientes inferiores a 1. Esto es lógico por cuanto las vísceras son las encargadas de llevar a cabo los procesos fisiológicos esenciales para la vida del animal, y por tanto, su nivel de desarrollo debe estar adelantado en relación al de los componentes de la canal (Brody, 1945).

Por orden decreciente de precocidad se puede establecer la siguiente relación: riñones, sangre, corazón-pulmón, timo, hígado y tubo digestivo.

La diferencia más acusada con el trabajo de Cantier et al. (1969) es referente al coeficiente obtenido para la sangre y a su posición en la escala de precocidad. Esto podría achacarse a diferencias en el proceso de medición; en todos los textos de fisiología se expone que la apreciación del volumen total de sangre por medio del desangrado es un método sujeto a múltiples po-

TABLA I. Parámetros de la ecuación de regresión $\log Y = A + B \log X$ de los principales componentes de la canal con respecto a peso vivo vacío

	A	B ± S _B	R ²	DTR
<u>Vísceras</u>				
Riñones	-1.2861	0.74473 ± 0.01609	0.9649	0.0534
Sangre	-0.5476	0.79078 ± 0.02257	0.9402	0.0749
Tubo digestivo	-1.21413	1.01164 ± 0.02513	0.9541	0.0834
Hígado	-1.19996	0.94010 ± 0.03182	0.9180	0.1056
Timo	-2.27206	0.86916 ± 0.03476	0.8891	0.1154
Corazón-Pulmón	-1.33053	0.82453 ± 0.01432	0.9770	0.0475
<u>Partes de la canal</u>				
Cabeza	-0.35432	0.75371 ± 0.00594	0.9952	0.0197
Costillar	-1.06235	1.05017 ± 0.00784	0.9957	0.0260
Lomo	-1.98677	1.32044 ± 0.00865	0.9967	0.0287
Extremidad anterior	-1.27124	1.01879 ± 0.00686	0.9985	0.0228
Extremidad posterior	-1.41514	1.21764 ± 0.01149	0.9931	0.0381
<u>Tejidos</u>				
Músculo total	-1.23216	1.2579 ± 0.00650	0.9979	0.0216
Hueso total	-0.81117	0.9711 ± 0.00747	0.9954	0.0248
Grasa total				
Machos	-1.41199	0.95398 ± 0.03616	0.9482	0.0850
Hembras	-1.68866	1.06569 ± 0.03576	0.9590	0.0837

B = coeficiente alométrico con su error típico

R² = coeficiente de determinación

DTR = desviación típica residual

Diferencias significativas entre sexos para grasa total $p > 0.001$ (***)

sibilidades de error. Benevent(1971), en corderos, obtuvo coeficientes alométricos para la sangre del orden de los expuestos en este trabajo. Desde un punto de vista fisiológico resulta bastante claro que el desarrollo cardiaco y la cantidad total de sangre deben ir sincronizadas, por lo que no parece absurdo pensar que sus coeficientes alométricos podrían ser parecidos (0.824 y 0.791 en este trabajo). Además es un hecho(Dukes y Swenson, 1978) que la cantidad total de sangre por kilo de peso vivo es mayor en animales jóvenes.

Entre las vísceras hubo sólo dos (hígado y tubo digestivo) cuyo coeficiente estuvo próximo a uno, lo que indicaba que su crecimiento discurría paralelamente al del peso vivo vacío. Esto coincide a grandes rasgos con los valores presentados por otros autores. Fisiológicamente resulta explicable por cuanto el tubo digestivo determina la cantidad de materias nutritivas que el animal puede ingerir y absorber poniéndolas a disposición de los tejidos y el hígado es el punto central del metabolismo y donde se canalizan las materias primas hacia el destino prioritario para el organismo. Según esto las posibilidades de crecimiento del organismo están en función del grado de desarrollo de ambas.

La evolución del peso del timo en función de la edad siguió una pauta similar a la presentada por Pepper(1961) en ratas y Baron et al. (1970) en conejo. Se observó un aumento ponderal absoluto hasta la décima semana de edad, un mantenimiento hasta la doceava semana de edad y posteriormente un proceso de regresión con fluctuaciones considerables. Baron et al.(1970) no utilizaron la ecuación alométrica para definir el crecimiento del timo en función del peso vivo vacío por entender que el cambio progresivo del coeficiente alométrico impedía el ajuste a una ó más rectas.

Sin embargo en esta experiencia se pudo ajustar perfectamente a una ecuación alométrica en relación a peso vivo vacío. Si de acuerdo con Cantier et al. (1969), y nuestras propias observaciones, la pubertad se manifiesta hacia las 12-13 semanas de edad, los datos de este trabajo corroborarían la existencia de un antagonismo entre timo y actividad sexual.

B) Partes de la canal: la Tabla I presenta los valores a partir de los cuales se pueden obtener las ecuaciones alométricas respecto peso vivo vacío de las partes de la canal. La relación en orden decreciente de precocidad fue: cabeza, extremidad anterior, costillar, extremidad posterior y lomo.

Estos valores se ajustan claramente al modelo clásico propuesto por Hammond(1932) según el cual habría una onda primaria de crecimiento que partiendo del craneo se propagaría en dirección posterior hasta la grupa(cabeza:0.753, costillar:1.081 y lomo:1.32) y una onda secundaria que partiendo de la parte distal de las extremidades se extendería hacia el tronco convergiendo en la grupa, y que determinaría que las extremidades fueran algo más precoces que la parte del tronco a la que se unen(extremidad anterior:1.018 y extremidad posterior:1.218).

C) Tejidos: la Tabla I presenta los valores a partir de los cuales se pueden obtener las ecuaciones alométricas respecto a peso vivo de tejidos. Los valores obtenidos para hueso(0.97) y para músculo(1.25) se corresponden con bastante precisión a los existentes en la bibliografía consultada tanto en conejos(Cantier et al.,1969) como en otras especies(Tulloh, 1964 en ovino, porcino y bovino y Benevent, 1971 en ovino).

Dados los bajos coeficientes obtenidos para la grasa al ajustar a una recta se realizó un ajuste posterior a dos rectas(ver Tabla II). Se apreció un cambio de alometría entre la sexta y séptima semana de edad tanto en machos como en hembras lo que se corresponde con los resultados de Cantier et al.(1969). El coeficiente de alometría de la primera recta(0.859 en machos y 0.798 en hembras) es muy similar al obtenido por estos autores en machos(0.82). El coeficiente de alometría de la segunda recta, sin embargo, era mucho menor en nuestro caso(1.08 para machos y 1.397 para hembras) que en el citado trabajo(1.87 para machos y muy superior para hembras). El bajo coeficiente de alometría de la primera ecuación viene influenciado por la presencia de gran cantidad de grasa fundamentalmente hipodérmica en animales de una semana de edad. Según nuestros datos se observó que el porcentaje de grasa sobre peso vivo vacío disminuía desde un 3.38% en la primera semana hasta 2.17% en la sexta semana, momento a partir del cual volvía a aumentar de forma ininterrumpida hasta las veinte semanas de edad. Al realizar la disección se

TABLA II. Ajuste a dos rectas de alometría de grasa respecto al peso vivo vacío

	1ª recta(1-6 semanas)		2ª recta(6-20 semanas)
Machos y hembras			
$B \pm S_B$	0.8452 ± 0.03383	***	1.21527 ± 0.03328
R^2	0.8521		0.6871
DTR	0.0783		0.0886
Machos			
$B \pm S_B$	0.8591 ± 0.04999	**	1.0798 ± 0.04522
R^2	0.8299		0.5914
DTR	0.0853		0.0845
Hembras			
$B \pm S_B$	0.7982 ± 0.04556	***	1.39729 ± 0.03179
R^2	0.8708		0.8778
DTR	0.0753		0.0614

B = coeficiente alométrico con su error típico

R^2 = coeficiente de determinación

DTR = desviación típica residual

Nivel de significación : $p > 0.001$ (***), $p > 0.01$ (**)

comprobó que la consistencia de estos depósitos era mucho mayor que la de los depósitos en el animal adulto sugiriendo que debía tratarse de grasa parda relacionada con la necesidad de los gazapos, nacidos en un estado temprano de desarrollo fisiológico y sin pelo, de mantener su temperatura corporal. Robinson(1976) expuso, en porcino, que el incremento(gramos/día) de grasa se mantenía constante del nacimiento hasta la sexta semana de edad mientras que los de hueso y músculo aumentaban intensamente, lo que determinaba un efecto parecido(el % de grasa en recién nacidos era mas alto en recién nacidos que en animales de mayor desarrollo).

El bajo coeficiente de la segunda ecuación en relación con los resultados de Cantier et al.(1969) esta motivado por el material animal utilizado. Comparando poblaciones a edad constante los animales utilizados en esta experiencia a las 20 semanas tenían un peso equivalente a los utilizados en el trabajo citado a las 15-16 semanas. Además si comparamos a peso constante(Vezinhet et Prud'hon, 1975) nuestra población mostraba un menor contenido de grasa disecable. Estas diferencias determinaban necesariamente una variación en la pendiente de esta segunda recta.

D) Medidas externas: la Tabla III presenta los valores a partir de los cuales se obtiene las ecuaciones alométricas respecto a peso vivo vacío para las medidas externas. Los únicos datos sobre alometrías de medidas externas encontrados en la bibliografía pertenecen a Brody(1945) que, en vacuno, encontró valores de 0.4 para anchura de cadera y 0.34 para longitud corporal. Los valores obtenidos vuelven a confirmar la existencia de las ondas de crecimiento descritas por Hammond(1932).

El valor indicativo de un desarrollo mas precoz se obtuvo para la longitud de la canal(longitud lomo mas longitud costillar) y el que denotaba un desarrollo mas tardío para la longitud del lomo. De la consideración conjunta de ambos resultados se puede inferir que el valor que se obtendría para la longitud del costillar sería todavía menor que el obtenido para la longitud de la canal.

El orden de mayora menor precocidad sería: longitud canal - circunferencia - anchura canal - anchura extremidad posterior - longitud extremidad posterior - longitud lomo.

Considerando las medidas tomadas paralelamente al eje longitudinal del cuerpo el orden coincide con el obtenido para las partes de la canal.

E) Medidas de las extremidades: la Tabla III presenta los valores a partir de los cuales se obtienen las ecuaciones alométricas respecto a peso vivo vacío para las medidas de las extremidades.

El desarrollo oseó de la extremidad anterior fue mas precoz que el de la extremidad posterior.

En cada extremidad los huesos situados mas próximos al tronco(fémur y húmero) eran ligerísimamente mas precoces que los situados en posición mas inferior, probablemente por tratarse de la zona donde se solapan las ondas primaria y secundaria de crecimiento.

El diámetro medio resultó ser mas precoz que la longitud lo cual puede parecer sorprendente dado que el crecimiento en espesor prosigue una vez el crecimiento longitudinal ya ha concluido. Este resultado es debido a que la medida se realizó en el punto medio de la diáfisis que es la zona donde empieza el proceso de osificación en los huesos largos. Además el crecimiento en espesor va algo adelantado en relación al longitudinal con objeto de crear un estuche oseó que mantenga la configuración externa del hueso mientras en el interior se continúan produciendo cambios estructurales

RESUMEN

320 conejos pertenecientes a dos líneas fueron utilizados en esta experiencia, considerando por separado machos y hembras. Los animales fueron sacrificados a intervalos regulares de 1 semana desde la primera a la veinteva semana de edad. Se pesaron las vísceras, partes de la canal y tejidos y se tomaron medidas de la canal y de los huesos de las extremidades. Se expresó la relación entre el crecimiento de estos elementos y el del peso vivo vacío mediante ecuaciones alométricas.

En este trabajo se presentan y discuten los coeficientes alométricos obtenidos, la bondad de los ajustes realizados y los ordenes de precocidad. No aparecieron diferencias significativas entre líneas. Sólo la grasa difería significativamente entre sexos.

TABLA III. Parámetros de la ecuación de regresión $\log Y = A + B \log X$ para medidas externas y de las extremidades respecto a peso vivo vacío

	A	B = S _B	R ²	DTR
Longitud canal	0.32385	0.37226 ± 0.00346	0.9933	0.0115
Anchura canal	-0.43625	0.39443 ± 0.00452	0.9899	0.0150
Circunferencia	0.04607	0.38745 ± 0.00300	0.9953	0.0100
Longitud del lomo	-0.27259	0.42756 ± 0.00447	0.9915	0.0148
Longitud extremidad posterior	-0.04946	0.4159 ± 0.00542	0.9869	0.0180
Anchura extremidad posterior	-0.42919	0.42439 ± 0.00394	0.9930	0.0131
Longitud fémur	-0.43193	0.42561 ± 0.00534	0.9879	0.0177
Longitud tibia	-0.40847	0.42984 ± 0.00586	0.9857	0.0194
Longitud húmero	-0.36314	0.36581 ± 0.00383	0.9915	0.0127
Longitud radio	-0.39237	0.38294 ± 0.00565	0.9833	0.0188
Diámetro fémur	-1.20263	0.32044 ± 0.00811	0.9524	0.0269
Diámetro tibia	-1.30585	0.33544 ± 0.00621	0.9740	0.0206
Diámetro húmero	-1.28949	0.31431 ± 0.00575	0.9745	0.0191
Diámetro radio	-1.30129	0.32615 ± 0.00728	0.9626	0.0242

B = coeficiente alométrico con su error típico

R² = coeficiente de determinación

DTR = desviación típica residual

SUMMARY

320 rabbits from two lines were used in the experiment; males and females were considered separately. The animals were slaughtered at regular intervals of one week from the first to the twentieth week of age. Viscera, parts of the carcass and tissues were weighed and several measurements of the carcass and of the leg bones were taken. Allometric equations were used to express the relationships between the growth of these traits and that of empty body weight.

Allometric coefficients, goodness of the adjustments and orders of precocity are presented and discussed in this work. There were no significant differences between lines. Only fat depots showed a significant difference between sex.

BIBLIOGRAFIA

- BARON, R.; VEZINHET, A. y CANTIER, J. 1970. "Allometrie de croissance chez le lapin. II. Thymus". Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. 10(4) 535-548.
- BENEVENT, M. 1971. "Croissance relative pondérale postnatale, dans les deux sexes, des principaux tissus et organes de l'agneau Merino d'Arlés". Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. 11(1) 5-39.
- BRODY, S. 1945. Bioenergetics and growth. Reinhold Public. Co. New York.
- CANTIER, J.; VEZINHET, A.; ROUVIER, R. y DAUZIER, L. 1969. "Allometrie de croissance chez les lapins. I. Principaux organes et tissus". Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. 9(1). 5-39.
- CANTIER, J.; VEZINHET, A.; DULOR, J.P. y ROUVIER, R. 1974. "allometrie de croissance chez les lapins. IV. Principaux muscles de la carcasse". Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. 14(2). 271-292.
- DELAVEAU, A. 1978. "La viande de lapin: assai de caracterization des carcasses produites en France". 2^{mes} journées de la Recherche Cunicole en France, 4-5 Avril 1978. 17. 1-7.
- DULOR, J.P.; VEZINHET, A.; CANTIER, J. y ROUVIER, R. 1976. "Allometrie de croissance chez les lapins. V. Le squelette". Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. 16(4). 569-577.
- DUKES, H.H. y SWENSON, M.J. 1978. Fisiología de los animales domésticos. Ed. Aguilar, Madrid.
- HAMMOND, J. 1932. Growth and developmenmt of mutton qualities in the sheep. Oliver and Boyd. Edinbourg, 599 pp.
- HUXLEY, J.S. 1932. Problems of relative growth. Ed. Methuen, London. 276 pp.
- KIDWELL, J.F.; HERBERT, J.P.; CHASE, H.B. 1979. "The inheritance of growth and form in the mouse. V. Allometric growth". Growth, 43, 47-57.
- LEHMAN, M. 1980. Zum postnatalem wachstumsverlauf von Kaninchen. En "Das kaninchen als modelltier und züchtungsobjekt". W. Rudolph (ED). Wilhelm-Pieck Universität, Rostock. pp 27-36.
- NIMMO, R.D.; PEO, E.R.Jr.; MOSER, B.D.; LEWIS, A.J. 1981. "Effect of level of dietary calcium-phosphorus during growth and gestation on performance, blood and bone parameters of swine". J. Anim. Sci. 52(6):
- PEPPER, F.J. 1961. "Effect of age, pregnancy and lactation on the thymus gland and lymph nodes of the mouse". J. Endocrin. 22:335-348.
- ROBINSON, O.W. 1976. "Growth patterns in swine". J. Anim Sci. 42(4): 1024-1035.
- SEEBECK, R.M. 1968. "Development studies of body composition". Anim. Breed, Abstr. 36(2): 167-181.
- TESSIER, G. 1948. "La relation d'allometrie. Sa signification statistique et biologique". Biometric, 4: 14-53.
- TULLOH, N.M. 1964. "The carcass composition of sheep, cattle and pigs as functions of body weight" In Symposium on carcass composition and appraisal of meat animals. Tech. Conf., Melbourne, 1963. Ed. D.E. Tribe. East Melbourne: C.S.I.R.O. pp. 5-1 to 5-16.
- VEZINHET, A.; ROUVIER, R.; DULOR, J.P. y CANTIER, J. 1972. "Allometrie de croissance chez les lapins. III. Principales regions du systeme musculaire". Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. 12(1): 33-45.
- VEZINHET, A. y PRUD'HON, M. 1975. "Evolution of various adipose deposits in growing rabbit and sheep". Anim. Prod. 20: 363-370.

