

INFLUENCIA DE LOS FACTORES NUTRICIONALES
SOBRE LOS PROCESOS REPRODUCTIVOS EN
MACHOS DE DISTINTAS ESPECIES ANIMALES

Héctor Manterola B.*

Universidad de Chile, Area de Ganadería y Producción Pratense,
Facultad de Agronomía,
Casilla 1004, Santiago, Chile.

INTRODUCCION

Dentro de los factores exógenos que influyen distintos procesos productivos en las especies místicas, el nutricional es uno de los más importantes, tanto por su incidencia como por la plitud de sus efectos.

En el ambiente en que los animales se desarrollan, especialmente aquellos en condiciones extensivas, el abastecimiento de nutrimentos está sujeto a variaciones periódicas durante el año a través de los años. Esto implica que las distintas especies animales, tanto domésticas como silvestres deben soportar, en ciertos momentos de su vida, condiciones adversas (baja disponibilidad de nutrimentos) que se traducen en disminución del crecimiento y de la productividad. Debido a la gran incidencia económica que representa esta situación, es importante conocer en profundidad la forma en que son afectados los distintos procesos reproductivos al variar los planos nutricionales y, con este conocimiento, obtener las bases que permitan elevar la tasa de reproducción de las distintas especies domésticas.

ASPECTOS GENERALES

Las especies que en mayor grado están sujetas a estas contingencias son la ovina y la bovina de

carne, y en segundo término los bovinos de leche. La mayor parte de estas especies se desarrollan en condiciones extensivas o semi extensivas, por lo que dependen casi exclusivamente de las praderas naturales para su subsistencia.

Este recurso, en las distintas áreas geográficas, experimenta variaciones extremas a través del año, presentándose períodos críticos en que tanto la cantidad como la calidad de nutrimentos se hace limitantes. Por otra parte, a través de varios años se presentan ciclos en los que la disponibilidad total de la pradera disminuye notablemente. Esto ocurre principalmente por alteraciones de tipo climático, que se traducen en sequías prolongadas (Zona Central de Chile), o inundaciones (India).

Estas situaciones provocan una serie de efectos negativos en el organismo animal, reflejándose principalmente en una apreciable baja de los procesos productivos, tales como Crecimiento, Lactancia, Engorda, Producción de lana, y un proceso fundamental, desde el punto de vista de la continuidad de la especie, como es la Reproducción.

El presente trabajo tiene por objetivo fundamental presentar diversos antecedentes que permitan comprender las interrelaciones nutrición-proceso reproductivo y las derivaciones que de allí se elaboren.

Las especies, en general, disponen de diversos mecanismos de adaptación, que ponen en juego al presentarse condiciones adversas; de este modo, desde un punto de vista fisiológico parecería que durante los períodos de subnutrición los nutrimentos son derivados

Ing. Agr. M.S. Prof. de Nutrición del Area de Ganadería y Producción Pratense, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile.

preferencialmente a la mantención de funciones vitales, como la síntesis de enzimas, al sistema nervioso, y al sistema endocrino, en detrimento de otros procesos (Lamming, G.E. 1966).

En el animal adulto los efectos no son tan pronunciados, ya que sus necesidades son proporcionalmente menores y los órganos reproductivos están ya formados. Además, en el caso de la madre adulta, ésta utiliza gran parte de sus reservas corporales para la nutrición del feto y la síntesis de la leche.

La situación es totalmente distinta en los animales jóvenes, considerando los efectos, desde el momento del nacimiento, ya que dependiendo del plano nutricional disponible, podrán alcanzar un nivel de productividad alto o bajo y reproducirse en buenas o malas condiciones.

Estos efectos derivados de los planos nutricionales bajos, durante las primeras etapas de vida animal, generalmente provocan alteraciones más o menos irreversibles, dependiendo de la edad al momento de la restricción, de la intensidad y duración de tal restricción. La situación es diferente en animales adultos, en los cuales los efectos son, en general, de carácter reversible.

Jackson (1925) citado por Allden (1970), destaca el hecho de que no todas las especies están igualmente bien adaptadas para resistir los stress nutricionales. De este modo, los vertebrados pueden soportar períodos de sub-nutrición que varían desde unos pocos días, para el caso de aves y mamíferos, a varios años, como el caso de reptiles y quelonios.

La duración de estos períodos puede alargarse si existe un adecuado suministro de agua.

Con respecto a la relativa importancia de los distintos nutrimentos en su incidencia sobre los procesos productivos, Blaxter (1956) señala que las restricciones energéticas son comúnmente las causas más importantes de la baja productividad.

Le siguen en importancia las restricciones de tipo proteico y, posteriormente, las de vitaminas y minerales.

Se ha mencionado que las distintas especies responden en forma diferente a planos nutricionales sub-óptimos. Diversos autores han observado que en vacas lecheras un crecimiento retardado, no tiene influencia sobre la capacidad de éstas para alcanzar un tamaño normal (Reid *et al.*, 1960; Reid *et al.*, 1964; Swanson y Hinton, 1964; Evans, 1964; Crichton *et al.*, 1959).

Experiencias realizadas en vacunos de carne por Bohman (1955) y Brookes y Hodges (1959), demostraron que las restricciones nutricionales a edad temprana producen un retardo en el peso vivo, pero sin alterar el crecimiento óseo; posteriormente, al tener planos nutritivos adecuados, se produce una recuperación muy rápida de peso y tamaño (crecimiento compensatorio).

En ovinos, las respuestas obtenidas en diversos estudios han sido contradictorias. En general, se ha observado que una restricción nutricional en el último período de crecimiento fetal, o temprano en la vida post-natal, puede afectar en forma permanente el tamaño de la oveja, así como a gran parte de sus procesos productivos.

Esto no es de ningún modo concluyente, ya que diversos autores han obtenido tamaños normales en ovejas sometidas a restricciones alimenticias en su primera etapa de vida (Allden, 1968 a y b).

La situación varía fundamentalmente en animales criados en condiciones intensivas, ya que en general en estas especies se selecciona hacia un animal eficiente, de rápido crecimiento, pero de muy reducida capacidad de resistencia a stress de tipo nutricional.

En cerdos, si el stress nutricional se presenta temprano en su vida, la recuperación es prácticamente nula (Lister y Mc Cance, 1967). En aves, la situación es algo similar, ya que estos animales rara vez alcanzan el tamaño normal, después de haber sufrido stress nutricional y el plano nutritivo restituido (Lister, Cowen y Mc Cance, 1966).

Influencia de los factores nutricionales sobre el sistema endocrino

Todos los procesos orgánicos que se desarrollan en el organismo animal se pueden ver en mayor o menor grado afectados por los factores nutricionales, pero cualquier cambio que se produzca está también controlado por el sistema endocrino.

El sistema endocrino está asociado funcionalmente tanto con el sistema somático como con el sistema nervioso central y estas conexiones proveen una serie de mecanismos de regulación homeostática. Estos conceptos aplicados a la regulación del sistema reproductivo y afectado por los factores nutricionales, se esquematizan en la Figura 1.

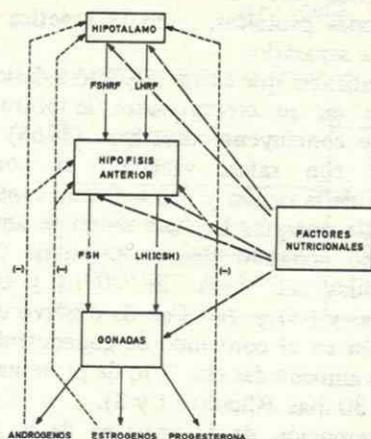


Fig. 1. Esquemas de la acción de los factores nutricionales sobre los sistemas endocrinos que regulan la reproducción.

Las investigaciones realizadas en relación a los efectos de los planos nutricionales sobre los fenómenos reproductivos, han demostrado que los efectos más importantes se realizan sobre el sistema endocrino, el cual, a su vez, induce un mayor o menor desarrollo del órgano bajo su control alterando el grado de síntesis y de entrega de hormonas.

Lamming (1966) ha sugerido algunas vías por las cuales las condiciones nutricionales podrían influir los procesos reproductivos.

- Efecto sobre las funciones de la hipófisis anterior, afectando la maduración, la expulsión o la implantación del óvulo, ciclo estral y mantención de la preñez.

- Sobre el sistema nervioso, influyendo en el control neutral de la hipófisis.

- Sobre el metabolismo de las hormonas sexuales, influyendo en los niveles de éstas en el cuerpo, ya sea a través de cambios en el grado de síntesis o en inactivación.

- Sobre el grado de respuesta de los órganos específicos a las hormonas sexuales.

Efectos a nivel de la Hipófisis

Desde el punto de vista reproductivo, es indudable que la hipófisis anterior juega un papel fundamental, secretando dos de las hormonas que regulan el crecimiento y funcionalidad de los órganos reproductivos, la FSH y LH (ICSH).

Los antecedentes aportados por diversos investigadores permiten sostener que las

funciones de la hipófisis anterior y los órganos regulados por sus secreciones son altamente dependientes del estado nutricional y de los componentes de la dieta, especialmente energía y proteínas (Leathem, 1958).

Se ha observado en diversos ensayos que las restricciones energéticas prolongadas deprimen la formación y liberación de varias de las hormonas de la hipófisis anterior, especialmente de las hormonas FSH y ICSH (FSH) (Ershoff, 1952; Moulinos y Pomerants, 1940; Rinaldini, 1949 y Leathem, 1966), situación que se refleja en atrofia ovárica, uterina o de los testículos y órganos sexuales accesorios (Quimby, 1948); (Morris, 1961); (McClure, 1966) y (Hafez, 1960).

Estos antecedentes indicarían que bajo condiciones de restricción energética, asociadas con pérdidas de 25 a 40% del peso, las gonadotropinas hipofisiarias son secretadas en cantidades que son insuficientes para mantener la función endocrina de las gónadas. Como resultante, los órganos sexuales se atrofian, semejándose a los que se presentan en animales homólogos castrados.

Por otra parte, se ha observado que las restricciones energéticas no están necesariamente asociadas con un menor contenido hipofisiario de gonadotropinas. Por el contrario, el contenido de esta glándula en gonadotropinas es más alto a juzgar por la potencia por mg de tejido glandular. En cambio, los niveles de gonadotropinas circulantes durante este período de restricción son menores (Ershoff, 1952; Rinaldini, 1949). Esto fue demostrado al inyectarse extractos de hipófisis de ratas en ayuno prolongado a ratas en crecimiento, observándose que en éstas los ovarios fueron 4 veces mayores que los animales inyectados con extractos hipofisiarios de ratas controles alimentadas normalmente (108 mg vs 26 mg).

Todos estos antecedentes permiten concluir que durante las restricciones energéticas, la liberación de hormonas se detiene debido a alteraciones en el mecanismo de entrega, pero no se afectaría la síntesis de estas hormonas, por lo menos en una etapa inicial, pero si la restricción se mantiene por más tiempo, incluso la síntesis se ve reducida.

Los estudios existentes no permiten deducir si la falla o alteración en la entrega se produce directamente en la hipófisis, o a un nivel superior, esto es en el hipotálamo, por reducción de los factores liberadores.

Estos descubrimientos se han visto corroborados con observaciones realizadas en poblaciones humanas durante períodos de restricción alimenticia, y por estudios en liberados de campos de concentración. En estos grupos se ha visto una alta incidencia de atrofas testiculares y pérdidas de funciones gonadales.

Los estudios realizados con ayunos prolongados han demostrado que la causa principal de la hipofunción gonadal durante este período es el nivel reducido de gonadotrofinas, situación muy similar a la observada en animales sometidos a hipofisectomía, por lo cual los autores denominan estas respuestas como "Pseudo hipofisectomía".

Los efectos de restricciones tanto energéticas como proteicas deben ser considerados en forma separada para animales adultos y jóvenes. En este último caso, el daño hipofisial a nivel de las células basófilas puede ser de carácter irreversible, aún a pesar de disponer de niveles adecuados de nutrimentos en su vida adulta.

No obstante ser bien definidos los efectos de las restricciones energéticas sobre los fenómenos reproductivos, existen muchos casos en que están

confundidos con los efectos derivados de restricciones proteicas, y en la práctica es casi imposible separarlos.

La evidencia que existe respecto a deficiencias proteicas en su efecto sobre la pituitaria es amplia y concluyente. Leathem (1966) realizó estudios con ratas, vaciando el contenido proteico de la ración y manteniendo constante 2 niveles de energía. De este modo se analizó el contenido gonadotrófico de pituitaria de ratas alimentadas con dietas de 20% y 0% de proteína, y 100 y 200 Cal. Se observó una leve reducción en el contenido de gonadotrofinas de las ratas alimentadas con 0% de proteínas y 100 Cal por 30 días. (Cuadros 1 y 3).

La remoción de la proteína de la dieta se refleja en una reducción del contenido de gonadotrofinas en la pituitaria de machos adultos, en comparación con ratas en igual nivel de consumo pero con nivel alto de proteína (Cuadro 2).

Se ha observado que estas disminuciones pueden no presentarse en los 30 primeros días, pero en períodos más largos tales bajas se hacen significativas.

Cuadro 1 Efecto de la dieta sobre el contenido gonadotrófico en pituitarias de ratas machos adultos (Leathem, 1966).

Dieta (% caseína)	Calorías kg/día	Nº de ratas	Peso ová- rico del receptor (a) mg	Peso u- terino mg	Peso pi- tuitaria (húmedo) mg	Total de gonado- trofina en hipó- fisis. Estimada (b)
20% x 30 ds.	200	6	76	105	7,4	112,5
20% x 30 ds.	100	6	87	88	5,4	94,0
0% x 30 ds.	200	6	79	75	5,2	82,2
0% x 30 ds.	100	6	65	87	4,8	62,4
40% x 30 ds.	100	6	99	99	5,8	114,8

(a) Se usó en cada ensayo el equivalente a 5 mg del peso húmedo de pituitaria.

(b) El total estimado de contenido gonadotrófico en pituitaria. = $\frac{\text{Peso ovárico}}{5 \text{ mg}} \times \text{Peso húmedo de pituitaria}$

Cuadro 2. Influencia de las restricciones proteicas sobre los testículos de ratas adultas (Leathem, 1966).

Dietas y tratamientos	Peso testicular		Contenido proteico	
	mg	mg/100 g	mg	mg/g
18 ^o /o caseína x 30 ds.	3.140	580	304	97
0 ^o /o caseína x 35 ds.	2.730	810	256	94
0 ^o /o caseína x 70 ds.	2.300	880	203	89

Cuadro 3. Efecto de la dieta sobre el contenido de gonadotrofina pituitaria de ratas inmaduras (Leathem, 1968)

Dieta o/o caseína x días	Nº de anima- les	Peso hú- medo de pituita- ria. mg	Peso ová- rico del receptor mg	Peso ute- rino mg	Gonadotrofina total en pitui- taria. Estimada
RATAS NORMALES					
60 a 65 g (Control)	2	2,3	37,3	112	17,3
20 ^o /o x 14 (ad lib.)	6	2,9	79,6	94	46,2
0 ^o /o x 14 (ad lib.)	4	1,7	24,7	82	8,4
20 ^o /o x 14 (ad lib.)	4	2,4	39,8	99	19,1
RATAS CASTRADAS					
20 ^o /o x 14 (ad lib.)	7	4,3	76,9	9,4	66,1
0 ^o /o x 14 (ad lib.)	5	2,3	55,7	107,0	25,6
20 ^o /o x 14 (ad lib.)	4	2,9	63,9	88	37,1

En ratas jóvenes esta reducción de gonadotrofina es similar, pero se produce con mayor rapidez, de tal forma que pasado 14 días se observan diferencias significativas.

En las ratas inmaduras al ser castradas, se observó un incremento en los niveles de gonadotrofina hipofisial, a pesar de la falta de proteína.

En general, estos resultados son consistentes, ya que las hormonas secretadas por la hipófisis son de naturaleza proteica y los aminoácidos necesarios para la síntesis de estas proteínas deben ser retirados del pool de aminoácidos del cuerpo, el que está directamente influido por el

nivel de proteína de la dieta. Se ha observado en ratas que los niveles de proteína dietaria pueden variar de 15 a 30^o/o sin afectar el contenido de gonadotrofinas hipofisiales, pero mayores porcentajes (80 a 90^o/o) producen incrementos del nivel de estas hormonas (Weatherby y Reece, 1941).

Otros antecedentes son aportados por ensayos realizados por Leathem (1958), en los cuales ratas machos adultos se alimentaron con dietas sin proteína por 30 días, observándose que los contenidos de gonadotrofinas hipofisiales se redujeron considerablemente, como se puede observar en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Influencia de la dieta sin proteína sobre el contenido de gonadotropina hipofisial (Leathem, 1958)

Días con dieta sin proteína	Nº de ratas	Peso de pituitaria anterior, mg.	Peso ovárico del receptor mg. ^{1/}
0	9	8,3	74
30	9	7,3	54
50	7	7,0	33
90	17	6,0	23

1/ Peso del ovario del receptor no tratado = 15,4 mg.

El contenido hipofisial de gonadotropinas disminuyó levemente en los primeros 30 días, pero la extensión del período de alimentación con dietas no proteicas por 50 y 90 días produjo una baja significativa de los niveles.

Diversos autores han orientado sus estudios a establecer los efectos de deficiencias específicas de aminoácidos. Al respecto, es importante tener presente que la calidad proteica es tanto o más importante que la cantidad. Este punto adquiere importancia en animales monogástricos, ya que a diferencia de los rumiantes carecen de la flora microbial que sintetiza la mayoría de los aminoácidos esenciales.

Ershoff (1952) describe una serie de efectos causados por deficiencias específicas de aminoácidos, principalmente Fenilalanina, leucina y triptofano.

Los efectos observados parecen deberse a alteraciones metabólicas, no existiendo un conocimiento real de los mecanismos que actúan. En cualquier caso, al existir estas deficiencias específicas se altera la relación normal de aminoácidos esenciales necesaria para una óptima síntesis proteica, por lo que los efectos son similares a los ya descritos para deficiencias proteicas.

Con respecto a deficiencias minerales y vitamínicas existe amplia evidencia de que su efecto se produzca vía hipofisis. Al respecto Nelson *et al.*, (1953) ha sugerido que deficiencias de vitamina A, riboflavina o piridoxina, podrían afectar la secreción de ciertas hormonas de la pituitaria.

Efectos de la nutrición sobre el desarrollo y funcionalidad gonadal

Los requerimientos de un animal en su estado post natal están muy elevados por las altas tasas de crecimiento de los distintos sistemas orgánicos. Cualquier deficiencia que se produzca en esta etapa se traducirá en un retardo en el desarrollo de esos órganos, retardo que, dependiendo de la intensidad y duración del período restrictivo, tendrá o no carácter de irreversible.

Uno de los sistemas orgánicos que se afecta en mayor grado, como consecuencia de estados subnutricionales, es el aparato reproductivo, el cual se ve reducido tanto en su estructura como en su funcionalidad. Al volverse a una situación normal, las gónadas responden con un incremento en su peso y una mayor secreción y liberación de esteroides. Por otra parte, está establecido que aquellos animales cuyo crecimiento ha sido retrasado toman más tiempo en alcanzar la madurez sexual que sus homólogos mejor alimentados (Alden, G.W., 1970).

Una reducción en el consumo de energía provoca alteraciones del estro, reducción de la tasa de ovulación y de la sobrevivencia embrionaria, además, menores pesos al nacer. En los machos se ve afectado el desarrollo del aparato reproductor y la producción de espermios.

Los efectos provocados por estados sub-nutricionales no son iguales para las distintas especies domésticas. Los investigadores que han realizado los estudios respectivos señalan que en ciertas especies, la energía o la proteína pueden ser factores preponderantes e incluso, en ciertas especies, los machos pueden no ser afectados, en gran medida, por la nutrición en su comportamiento reproductivo.

Efectos de restricciones nutricionales sobre el aparato reproductivo del macho

Una adecuada nutrición influye en forma notoria en la integridad funcional del sistema reproductivo del macho. De este modo, una restricción del consumo de alimento puede inducir un retraso en la maduración sexual del macho (Moulinos y Pomerantz, 1941; Lutwak-Mann y Mann, 1950 y Bratton, 1959).

Por otro lado, en toritos se ha determinado que una restricción del consumo de alimentos a la mitad de lo normal, tiene un marcado efecto

en el inicio de la secreción de las glándulas vesiculares⁽¹⁾ y un efecto menos marcado sobre inicio de la espermatogénesis.

En ratas en crecimiento se ha observado que la maduración de los testículos y órganos sexuales accesorios se detiene al alimentar a estas ratas con dietas sin proteína por 15 a 30 días después del destete. (Hern, 1955). Los testículos que pesaban 400 mg, después de un mes se redujeron a 140 mg de peso en las ratas alimentadas con 0% de proteína en la dieta (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de a dieta sobre los órganos reproductivos de ratas machos inmaduras (Hern, 1955)

Caseína (o/o) x 30 días	Nº de ratas	Peso testicular (mg)	Peso de vesículas seminales (mg)
65	10	1747	65,4
20	10	1694	88,7
6	16	825	16,0
3	12	380	8,0
0	10	140	7,1

Peso testicular inicial = 400 mg.

Los testículos de ratas alimentadas con 20% y 60%, incrementaron el peso en 1694 y 1747, respectivamente.

Existe amplia evidencia de que la calidad proteica juega un papel importantísimo como factor nutricional en los fenómenos reproductivos. Se ha observado que animales alimentados con dietas deficientes en algunos aminoácidos presentan detención del crecimiento gonadal y, en casos más severos, se presentan daños a los testículos como ocurre en dietas deficientes en Fenilalanina, Leucina, Histidina y Triptofano. Ershoff (1952). Los antecedentes disponibles no permiten demostrar si existen efectos directos de estas deficiencias específicas sobre la hipófisis o es consecuencia de una disminución de la síntesis proteica, al no existir la proporción adecuada de aminoácidos esenciales.

En estudios realizados con diferentes fuentes proteicas se ha observado el marcado efecto que tiene la calidad proteica sobre el peso testicular y la composición bioquímica de los testículos (Cuadro 6, Leathem, 1959).

Un factor que es fundamental en determinar el grado del efecto de restricciones nutritivas es la edad. Los órganos reproductivos de los adultos son más resistentes a los cambios impuestos por la dieta que los órganos de los animales

Cuadro 6. Efecto de diferentes tipos de fuentes proteicas sobre la composición de testículos en ratas inmaduras (Leathem, 1959)

Dieta	Nº de ratas	Peso vivo final (g)	TESTICULOS			
			Peso (mg)	Proteína (o/o seca)	Grasa (o/o)	Glicógeno (o/o)
20% Caseína	7	128	1468	72,3	30,4	0,11
20% Gluten trigo	8	82	1017	64,6	34,0	0,18
20% Harina de maní	8	81	1257	66,1	28,0	0,11
20% Gelatina	5	53	210	—	—	0,10
5% Caseína	5	61	684	62,4	29,2	0,26
Control inicial	7	61	273	72,7	30,1	0,19

(1) Glándula vesicular = vesícula seminal.

inmaduros. Esto se debe, por una parte, a que en los animales en crecimiento los niveles anabólicos de proteína en los tejidos son más altos y el cuerpo es más dependiente de la proteína dietaria para la mantención del pool metabólico de N.

Por otra parte, las reservas proteicas corporales en el adulto permiten cambios internos de N hacia el pool metabólico y tejidos cuando fallan las proteínas de la dieta. Al respecto Mann y Walton (1953) encontraron que 23 semanas de subalimentación produjeron leves variaciones en la densidad y motilidad espermática de animales adultos, pero se observó una reducción de la función de las vesículas seminales.^{1/} Otro antecedente lo constituye un estudio realizado por Leathem (1958), quien observó que al remover la proteína de la dieta

por 30 días no se produjeron efectos en el peso de los testículos de ratas. Además, se determinó que la restricción proteica debía ser lo suficientemente prolongada como para causar efectos notorios en los testículos. Los testículos de las ratas sometidas a 90 días de restricción pesaron un promedio de 1429 mg en comparación con ratas adultas en condiciones normales, cuyos testículos pesaron 3001 mg (Cuadro 7).

Una dieta adecuada en proteína no puede mantener la función reproductiva si esa dieta es deficiente en energía. Esto es importante tenerlo presente al analizar las distintas investigaciones que se presentan en la literatura, ya que muchos de los efectos logrados podrían ser debidos a deficiencias energéticas más que a nutrimentos específicos como proteínas o grasas.

Cuadro 7. Testículos y vesículas seminales^{1/} de ratas adultas, después de una restricción proteica (Leathem, 1958)

Días en dieta sin proteína	Nº de ratas	Peso testicular (mg)	H ₂ O (O/o)	Proteína (O/o seca)	Proteína total (g)	Peso vesículas seminales (mg)
Control	9	2.852	85,9	66,7	0,28	1.276
30	9	2.600	86,0	66,1	0,24	689
50	7	2.389	85,4	64,1	0,22	320
90	25	1.429	85,7	69,6	0,13	168

1/ Glándula vesicular.

Efectos nutricionales sobre el aparato reproductor de la hembra

En general se puede establecer que un ayuno prolongado o restricciones nutricionales agudas, causan una inhibición tanto de la maduración como de la función ovárica. Esta inhibición se caracteriza por un estado de anestro y por un decrecimiento en el número de folículos ováricos. Sin embargo, en la mayoría de las especies estos cambios son de carácter reversible al restituirse las condiciones nutricionales adecuadas.

Tanto la proteína como la energía juegan un papel importantísimo en el desarrollo y funcionalidad del sistema reproductor de la hembra. En ratas alimentadas con dietas libres de proteína por 30 días, Leathem (1958) observó que los ovarios de tales ratas pesaron 22 mg comparados con ratas alimentadas con dietas con 18% de caseína, cuyos ovarios pesaron 56 mg. Este menor peso fue acompañado con estados de anestro y con menores pesos del útero (Cuadro 8).

1/ Glándulas vesiculares.

Cuadro 8. Influencia de la proteína de la dieta y nivel de gonadotrofina (P.M.S.) sobre el ovario de la rata (Leathem, 1958)

Dieta (°/o Prot. x Días Alimentada	P.M.S. L.U.	Peso Ovário (mg)	Nº folic. Vesicul.	Nº de C.L.	Peso Uterino
0°/o x 23 ds.	0	1,2	0	0	4,8
0°/o x 23 ds.	3	2,8	13	0	10,8
0°/o x 13 ds.	0	1,4	0	0	4,9
0°/o x 13 ds.	3	4,4	16	1	15,1
6°/o x 13 ds.	0	3,2	6	0	7,7
6°/o x 13 ds.	3	5,6	12	1	31,9
18°/o x 13 ds.	0	5,0	10	2	51,6
18°/o x 13 ds.	3	8,0	7	4	51,3

Sin embargo, es difícil separar los efectos producidos por restricciones proteicas de los producidos por restricciones energéticas, ya que al comparar ratas alimentadas con dietas con 25 vs. 56°/o de proteína, los efectos no se manifestaron cuando el nivel energético de la ración fue reducido en un 50°/o (Lee *et al.*, 1952).

Al analizar los efectos de restricciones de tipo proteico, es preciso tener en cuenta que tales efectos pueden ser debidos tanto al nivel de proteína como a la cantidad de ésta. Se ha observado que las deficiencias de ciertos aminoácidos específicos causan una detención de los ciclos estrales. (Leathem 1959) demostró que las ratas al ser alimentadas con dietas con 18°/o de gelatina (def. en treonina y triptofano) o trigo (def. en lisina) mostraban detención de los ciclos estrales. Al suplementar estos aminoácidos la funcionalidad reproductiva volvía a su normalidad.

Al igual que en los machos, las deficiencias de ciertas vitaminas como algunas del complejo B y la Vit. A provocan alteraciones de la funcionalidad del sistema reproductivo de las hembras.

Los efectos de la nutrición sobre el crecimiento y desarrollo sexual descrito para animales de laboratorio es similar para muchas especies domésticas. En ovejas, se ha demostrado que las ganancias de peso de las borregas durante los primeros meses de vida son determinantes en su posterior comportamiento reproductivo, observándose que las hembras que alcanzaron

mayores pesos tuvieron niveles de fertilidad mayores. Esta mayor fertilidad está asociada con tractos reproductivos de mayor tamaño, tasas de ovulación más altas y mayor número de folículos ováricos desarrollados (El Sheikh, *et al.*, 1955; Foote *et al.*, 1957 y 1959).

En cerdos, los resultados han sido contradictorios, obteniéndose en algunos casos respuestas claras a restricciones tanto de tipo proteico como energético (Zimmerman *et al.*, 1960 y Goode *et al.*, 1961); en cambio, otros autores (Robertson *et al.*, 1951 y Self *et al.*, 1955) no han obtenido respuestas claras a restricciones proteicas energéticas en cerdas adultas.

Con respecto a animales domésticos, la evidencia que existe es amplia y variada. Entre distintas especies y aún dentro de una misma especie para distintas edades y sexos, se pueden presentar diferentes respuestas a restricciones nutricionales.

En estudios realizados con vacunos, Reid (1960) analizó los efectos del consumo de energía sobre los fenómenos reproductivos, determinando que el peso al cual se alcanza la pubertad (1er. espermatozoide móvil se eyacula) es independiente de la cantidad de energía consumida durante el período de crecimiento, ya que los pesos de toros al momento de pubertad fueron semejantes para 3 niveles de nutrición. Mayor variación existe en la edad a que se manifiesta la pubertad, ya que vacunos sometidos a altos niveles energéticos alcanzaron esta etapa a una edad más temprana (Bratton *et al.*, 1959 y 1961). En estudios más recientes, Van Denmark

y Mauger (1964) observaron que una sub-alimentación en toritos, afectaba notablemente el crecimiento corporal y las secreciones endocrinas del sistema reproductor, especialmente si esta restricción se producía en la primera etapa de la curva de crecimiento, dando como resultado un retraso en el establecimiento de la pubertad (Cuadro 9).

Se puede observar claramente que la sub-alimentación afecta notablemente el peso corporal, las glándulas endocrinas y el crecimiento del tracto reproductivo. Tanto el peso corporal, como el tamaño de testículos estuvieron estrechamente correlacionados con las diferencias en porcentaje de T.N.D., hasta el momento en que las raciones se alternaron, (Fig. 2 y 3).

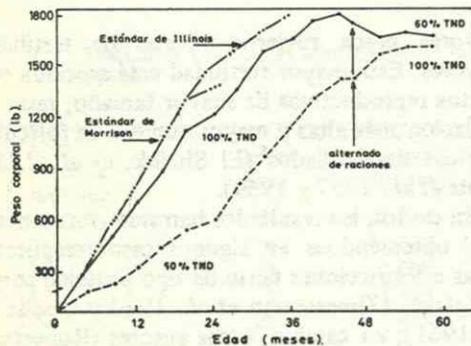


Figura 2. Cambios en el peso corporal de 2 grupos de toros Holstein alimentados con niveles de 100 y 60% de TND, comparados con los estandar citados (Van Denmark, 1964).

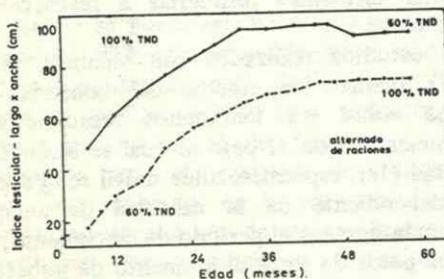


Figura 3. Cambios en el índice testicular de dos grupos de toros Holstein alimentados con niveles de 100 y 60% de T.N.D. (Van Denmark, 1964).

La producción de semen al término de la pubertad fue retardada en 8 meses en los grupos sub alimentados. Junto con esto se observó una menor capacidad de recuperación de la producción de semen para los mismos grupos (Cuadro 10).

En general, se ha observado que estos efectos son transitorios y se mantienen mientras duran las condiciones de sub alimentación, tendiendo posteriormente a desaparecer.

Van Kenmark (1964) observó que los niveles de TND tuvieron efectos menores sobre la producción y grado de recuperación del volumen seminal que sobre el número de espermios.

Los aspectos específicos de restricciones proteicas se traducen principalmente en una reducción del consumo de alimentos y una reducción en el peso corporal. Estos efectos derivan en una significativa reducción del volumen eyaculado, así como de la densidad espermática, Meacham (1963). (Cuadro 11).

Los toros con dietas deficientes en proteína produjeron cantidades significativamente menores de volumen seminal, y menor número total de espermios por eyaculado.

Los estudios de vaciamiento del semen indicaron que el total del volumen de semen producido en cuatro colecciones, en cada uno de dos días, fue menor en aquellos toros alimentados con dietas deficientes en proteína. Además, el líbido disminuyó apreciablemente y los toros sometidos a estas dietas mostraron signos de debilidad y fallas en el encaste.

Con respecto al desarrollo de los órganos reproductivos, Bratton *et al.*, (1959), al estudiar los efectos de 3 niveles de alimentación sobre las características reproductivas de toritos de lechería, observaron que los animales criados con el nivel alto (160% del normal) llegaron a la pubertad (producción de semen) en un promedio de 37 semanas y con un peso promedio de 295 kg. El peso testicular siguió igual tendencia que el peso vivo en los distintos niveles de alimentación (Cuadros 12 y 13).

En general, de los estudios realizados por Bratton *et al.*, (1959), se puede deducir que el desarrollo de los órganos reproductivos y el establecimiento de la producción de semen en toritos Holstein, son en alto grado influidos por el nivel alimenticio durante la primera etapa de vida.

Cuadro 9. Pesos promedio de órganos y glándulas de toros Holstein criados a dos niveles de T.N.D. (Van Denmark, 1964)

Peso	Control (100% TND)				Sub Alimentado (60% TND)			
	Meses de edad				Meses de edad			
	8	12	16	58	8	12	16	58
Cuerpo (lb)	443	722	936	1.666	301	392	471	1648
Testículos (g)	95	197	199	433	45	93	122	309
Epidídimo	13	22	25	51	8	19	13	42
Vesículas seminales	27	32	37	72	8	16	14	87
Glándulas de Cowper	3,2	3,1	11,9	6,5	0,6	1,2	7,2	6,3
Gl. Adrenales	5,4	7,8	6,0	14,4	3,6	5,3	4,1	11,4
Pituitaria	2,0	2,4	2,2	4,0	1,4	1,0	1,2	3,4

Cuadro 10. Comparación de peso vivo, índice testicular, volumen seminal y número de espermios de toritos sub alimentados vs. control (Van Denmark, 1964)

Edad (ms)	Peso cuerpo (lb)		Ind. testic. (cm ²)		Vol. seminal (ml)		Esp. totales (x10 ⁹)	
	Control	Sub Alim.	Control	Sub Alim.	Control	Sub Alim.	Control	Sub Alim.
12	709	343	47	31	65	10	36	2
16	893	462	69	36	80	21	57	6
20	1.125	567	77	47	103	80	75	34
24	1.276	639	86	55	131	75	74	38
28	1.498	876	95	61	145	106	88	51
32	1.631	1029	101	67	147	110	100	75
36	1.718	1208	101	70	180	127	112	74
40	1.842	1327	101	72	171	135	111	78
44	1.825	1416	102	75	163	135	98	72
RACIONES ALTERNADAS A LOS 46 MESES DE EDAD								
50	1.728	1586	96	76	137	111	102	76
54	1.779	1641	96	76	139	109	89	55
58	1.714	1662	96	76	139	131	92	81

Cuadro 11. Efectos de raciones bajas en proteína, sobre el volumen, mortalidad y producción de célula de semen en toros (Meacham, 1963)

Criterio	Fases*			
	I	II	III	IV
Nº días en fase	84	112	70	100
Volumen (cc)				
- Control	2.3	6.9	6.3	8.1
- Defic. en Proteínas	1.9	4.8	3.7	5.2
Mortalidad (o/o)				
- Control	22	29	50	61
- Defic. en Proteínas	38	38	47	57
Producción total de células x 106				
- Control	78	2.891	2.852	4.018
- Defic. en Proteínas	177	1.920	955	2.416

* Fases representan períodos de diferentes niveles de P.C. en la ración baja en proteína.

Cuadro 12. Peso en gramos de testículos de toritos Holstein criados a diferentes edades y a 3 niveles de alimentación (Alto, Medio, Bajo) (Bratton *et al.*, 1959)

EDAD AL BENEFICIO	NIVEL ALTO		NIVEL MEDIO		NIVEL BAJO	
Semanas	160 ^o /o de Normal	140 ^o /o de Normal	100 ^o /o de Normal	100 ^o /o de Normal	75 ^o /o de Normal	60 ^o /o de Normal
0 - 1	5,8	7,2	8,0	5,9	7,8	5,0
16	31,1	49,4	44,3	33,2	31,3	19,2
32	221,6	198,8	121,7	94,0	136,9	47,6
48	484,0	217,2	346,0	121,5	166,1	165,0
64	472,0	470,8	268,4	504	364,2	314,5
80	540,8	516,6	382,5	445,8	307,0	307,0

Cuadro 13. Peso en gramos de las vesículas seminales de toritos Holstein criados a diferentes edades y a 3 planos de nutrición (Bratton, 1959)

EDAD AL BENEFICIO	NIVEL ALTO		NIVEL MEDIO		NIVEL BAJO	
Semanas	160 ^o /o de Normal	140 ^o /o de Normal	100 ^o /o de Normal	100 ^o /o de Normal	75 ^o /o de Normal	60 ^o /o de Normal
0 - 1	1,0	0,8	1,2	1,2	1,35	0,8
16	4,7	4,7	4,4	26,	3,7	2,1
32	14,8	16,6	13,6	9,3	10,2	7,0
48	29,5	22,7	16,5	32,2	20,1	17,0
64	32,6	25,9	18,7	11,6	23,0	
80	37,5	36,5	38,8	35,0	22,5	19,6

1/ Glándula vesiculares.

Se observa, además, una estrecha relación entre el nivel de TND y la edad promedio de la primera eyaculación; sin embargo, en términos de consumo total de TND desde el nacimiento hasta el establecimiento de la madurez zootécnica, las cantidades que se necesitan son independientes del nivel de alimentación. De esta forma, si el consumo total de TND se cumple con alimentación "ad libitum" desde el nacimiento, los toritos alcanzan la madurez zootécnica a los 9-10 meses, en cambio, si se restringe el consumo de TND a 65% de la ración normal diaria, la madurez zootécnica se retrasa significativamente.

Algunos autores (Flipse *et al.*, 1963) han obtenido resultados contradictorios en relación a los efectos de la proteína, sobre los procesos reproductivos en machos, ya que no han encontrado diferencias al comparar grupos de toros alimentados con diferentes niveles de proteína (7,8, 13,0 y 18,1%).

Al estudiar los efectos de restricciones energéticas sobre los fenómenos reproductivos en bovinos, gran parte de los investigadores concuerdan en que el consumo energético es el

factor preponderante en el establecimiento de la "madurez zootécnica" o edad de reproducción, obteniéndose esta edad en un menor período con altos niveles de energía (Sorensen, 1959 y Bratton, 1961).

Resultados similares fueron obtenidos por Flipse *et al.*, (1961) al estudiar los efectos de distintos niveles energéticos sobre el crecimiento, desarrollo y comportamiento reproductivo en toros de lechería (70, 100, 115 y 130% de las recomendaciones de TND del NRC).

Con respecto a la producción espermática, los efectos adversos del bajo consumo de Energía fueron más notorios en las primeras semanas de producción de semen, observándose que a las 80 semanas de edad, el promedio de motilidad espermática por eyaculado fue un 50% mayor para el grupo con alto nivel de Energía. Estas diferencias tendieron a desaparecer después de la 112ª semana e incluso a las 156 semana, los toros alimentados con alto nivel de Energía tuvieron reacciones sexuales más lentas que los toros de menor consumo energético (Cuadros 14 y 15).

Cuadro 14. Producción promedio de espermios en toritos Holstein sometidos a varios niveles de TND ($\times 10^9$) (Flipse y Almgust, 1961)

GRUPO	EDAD EN SEMANAS							
	57-80	81-104	105-112	113-136	137-160	161-184	185-208	113-208
L	1,01	3,24	4,65	4,35	4,88	4,71	5,62	4,76
N	1,10	2,45	2,67	2,96	3,62	3,72	3,85	3,65
M	1,21	2,85	3,92	4,65	4,83	5,07	6,12	5,11
H	2,30	3,94	3,85	4,66	4,62	4,09	5,17	4,56
LH	0,93	1,23	1,96	3,07	3,61	4,43	4,99	4,00
HL	2,26	3,51	3,27	3,78	3,41	4,40	4,99	4,14

L = 70% de los requerimientos
 M = 115% de los requerimientos
 H = 130% de los requerimientos
 Cambios de L a H y H a L a las 104 semanas.

Cuadro 15. Producción de semen y reservas a los 4 años de edad.* (Flipse R.J. y Aomguist J.O. 1961)

Grupo	1er Vaciamiento		2º Vaciamiento		Estimación de reservas esper-máticas extra-gonadales
	Nº promedio de eyaculaciones	Nº promedio de espermios (x 10 ⁹)	Nº promedio de eyaculaciones	Nº promedio de espermios (x 10 ⁹)	
L	11	40,9	16	40,8	76,4
N	17	39,7	25	37,0	71,8
M	8	30,5	11	36,0	75,1
H	7	35,1	9	38,6	72,2
LH	8	26,7	14	35,8	66,9
HL	22	42,2	27	37,3	74,4

* Medidas en base a ensayos de vaciamiento a intervalos de 7 días.

Del análisis de estos resultados se desprende que es aconsejable, que los toros, pasado el estado de rápido crecimiento, no consuman niveles altos de Energía; en cambio, es poco recomendable, restringir el consumo de energía en la primera etapa de la vida, ya que se provoca un retraso en el establecimiento de la producción de semen.

Respuestas similares obtuvo Shirley (1963) al estudiar los efectos de la proteína dietaria, sobre algunos parámetros relacionados con los fenómenos reproductivos en toros, determinando una influencia significativa del contenido de la ración sobre la mortalidad espermática y concentración de espermios.

En vaquillas con consumo restringido de energía, las respuestas difieren de las ya mencionadas para machos, observándose hipofunción ovárica, pero no se han detectado alteraciones en los ciclos estrales o en el grado de concepción (Bond, 1970; Gomes y Hansel, 1973).

En la especie ovina se ha observado que el consumo energético juega un papel mucho más importante en determinar el establecimiento de la pubertad que en cerdos, pero no tan importante como en vacunos (Allen, 1961). Al igual que en bovinos, se ha determinado que los corderos para alcanzar la pubertad deben alcanzar cierto peso característico para cada raza (Hafez, 1952; Allen, 1961).

En estudios realizados en carneros, Tilton (1964) observó que una reducción de un 25% de los requerimientos energéticos afectó al volumen de eyaculado, pero no a la motilidad ni a la concentración. Resultados similares fueron obtenidos por Setchell (1965), Pretorius (1969) y Parker y Twaites (1972), al no encontrar efectos claros de niveles sub-nutricionales sobre los fenómenos reproductivos en carneros.

Estos resultados son contradictorios con los obtenidos por Braden (1974), Moule (1966), Moule (1970), quienes determinaron que el consumo de energía tenía un marcado efecto sobre el grado de producción espermática y de testosterona y sobre la concentración de fructosa en el eyaculado (Cuadro 16).

Los resultados muestran un claro efecto de la dieta sobre la producción de espermios, peso testicular y peso de vesículas. Se observa que existe un mayor efecto de la energía, que de la proteína sobre estos parámetros. Además existiría evidencia que el contenido de energía de la ración afectaría la secreción de testosterona, ya que se reduce significativamente el peso de las vesículas seminales. 1/ este efecto probablemente se provoque en forma indirecta, vía efecto sobre la secreción de gonadotrofinas en la pituitaria.

1/ Glándulas vesiculares.

Cuadro 16. Valores estimativos del número de espermios, peso de testículos y vesículas seminales en carneros (Braden W.H., 1974).

Dieta	Nº de espermios (x 10 ⁹)	Peso de testículos (g)	Peso de vesículas seminales (g)
HE - HP	51,15	287,6	6,42
HE - LP	44,89	242,9	5,95
LE - HP	37,42	202,5	3,80
LE - LP	23,17	147,3	2,61

HE = Alta Energía
LE = Baja Energía
HP = Alta Proteína
LP = Baja Proteína

Se estableció además, que los probables cambios en el número de espermios por eyaculación, en el carnero no se hacen aparentes sino hasta por lo menos 7 semanas después de provocado el stress nutricional.

Al estudiar los efectos de las restricciones de tipo proteico en carneros, Tilton *et al.*, (1964) observó que los consumos bajos de proteína, están estrechamente asociados con reducciones en la cantidad de semen eyaculado, pero no detectó influencias de estas restricciones sobre el líbido, motilidad espermática o producción total de células espermáticas. A esto se agrega el estudio realizado por Salamon (1964), para determinar los efectos de distintos regímenes nutricionales, sobre el potencial de producción de semen en carneros. Los niveles altos de suplementación (600 g TND+16,5 g Proteína Cruda/día) elevaron significativamente la producción de semen tanto en número de espermios, como en volumen y motilidad.

Estos antecedentes demuestran que bajo condiciones de pastoreo extensivo, se justificaría ampliamente la suplementación de los carneros durante varias semanas antes del encaste, especialmente cuando estos se utilizan en forma intensiva.

En ovejas, la relación de desarrollo sexual, funcional y somático, no parece ser tan claro como en vaquillas, principalmente debido a la estacionalidad de los estros que presentan.

La evidencia que existe a la fecha, sugiere que cualquier factor nutricional que retrase el crecimiento en la primera etapa de la vida en

borregas, puede provocar afectos negativos sobre el comportamiento reproductivo posterior hasta el momento en que se alcanza un peso mínimo asociado con el establecimiento de la función reproductiva (Hafez, 1952).

Al respecto, Allen y Lamming (1961) estudiaron algunos efectos de nutrición sobre el crecimiento y desarrollo sexual de borregas, observando que los tratamientos impuestos tuvieron efectos significativos sobre el grado de crecimiento, y que la pubertad se produjo a una edad más temprana en el plano nutritivo alto que en el moderado y a un peso significativamente superior.

Al realizar análisis del aparato reproductor después del primer estro, se observó que el grado de ovulación no fue afectado significativamente por el nivel nutricional.

Resultados similares obtuvo Howland (1966) al estudiar el desarrollo del folículo ovárico y su asociación con los niveles de gonadotrofina en la pituitaria, en ovejas sometidas a 2 niveles de Energía (alto y bajo). En animales alimentados con dietas de alta Energía (granos) se observó un mayor peso de la pituitaria y mayor grado de ovulación que en ovejas alimentadas solo con heno.

Así mismo, el peso del fluido folicular y el número de folículos desarrollados fueron mayores en el primer grupo.

En ovejas adultas, los niveles nutricionales son importantes para determinar la capacidad reproductiva de la oveja. Los diversos investigadores han sugerido que estos efectos nutricionales sobre la fertilidad son principalmente debidos a cambios en la tasa de ovulación. En estos estudios está basada la práctica de "Flushing", que consiste en mejorar el plano nutricional de la oveja en el período previo y durante el encaste. Esto provoca una serie de fenómenos fisiológicos que se traducen en ovulaciones múltiples.

Analizando los efectos de restricciones nutricionales sobre los fenómenos reproductivos, Allen y Lamming (1961), en estudios con ovejas demostraron que el grado de ovulación parece ser una función del nivel de nutrimentos en la dieta o de las reservas corporales de energía almacenada. De este modo, en animales con dietas que provocaron pérdidas de peso vivo, se observó que el grado de ovulación declinó en la medida en que las reservas corporales de Energía disminuyeron; pero, aun cuando las pérdidas de

peso vivo alcanzaron al 27% del peso vivo inicial, la ovulación continuó, aunque en algunos casos no fue acompañada de conducta estral.

En cerdos, los efectos provocados por estados sub-nutricionales, son diferentes a los ya analizados para bovinos y ovinos, principalmente por el hecho de que los animales sometidos a deficiencias proteicas o energéticas en la primera etapa de su vida, no mostraron signos de recuperación en su vida adulta, a diferencia de lo observado en vaquillas y borregas.

Reid (1960) concluyó que las relaciones entre consumo energético (entre el destete y la pubertad) y el establecimiento de la pubertad en cerditos, fue de tipo inverso. A esta misma conclusión llegó Hafez (1960) quien observó que cerditos alimentados a un 70% del consumo "ad lib" alcanzaron la pubertad a los 186 días, mientras que aquellos alimentados "ad lib" lo

hicieron a los 195 días.

Estas conclusiones fueron posteriormente corroboradas por O'Bannon (1966), al encontrar leves retrasos en la edad a la cual la pubertad se alcanza en cerditos con consumo energético restringido, pero grandes diferencias en el peso corporal a la pubertad (91 vs 102 kg).

De estos antecedentes se desprende que, la restricción energética no retrasa la pubertad en los cerdos como sucede en los vacunos, y que la edad es probablemente más importante para determinar el establecimiento en la pubertad que el plano nutricional. Esta conclusión es ampliamente corroborada por las investigaciones realizadas por Dutt y Barnhardt (1959) en las que se demostró que restricciones de 70 y 50% de la E. requerida, tuvieron efectos notorios sobre los pesos, pero no sobre la edad a la que se alcanzó la pubertad.

Cuadro 17. Efectos de restricciones energéticas sobre ganancia de peso y edad a la pubertad en cerdos (Dutt R.H. y Barnhardt, C.E., 1959)

Grupo	Ganancia diaria (lb)	Peso Final (lb)	Peso a la Pubertad (lb)	Edad a la Pubertad (días)
100% TND requerido	1,13	382	223	203
70% TND requerido	0,85	293	171	212
50% TND requerido	0,69	243	135	219

Los cerdos alimentados con los niveles descritos, no mostraron diferencias significativas en motilidad, concentración de espermios y porcentaje de espermatozoides anormales. Basados en estos antecedentes, los autores concluyeron que los cerdos machos adultos son relativamente resistentes a stress de tipo nutricional en los procesos reproductivos, aun cuando estas restricciones provoquen pérdidas de peso.

Por otra parte, Dickerson (1964) observó que al restringir el alimento a cerdos, de tal modo que pesaran 5 a 6 kg al año de edad, se produjeron los siguientes efectos: regresión de las células de Leyding; pene de mayor tamaño y edematos; ausencia de Corpus Lutem en hembras (Cuadro 18).

Se observó además un alargamiento de la vulva así como de la vagina y el útero.

En animales adultos, específicamente en machos no se han encontrado efectos marcados de planos nutricionales sobre los fenómenos reproductivos. Al respecto, Stevermer *et al* (1961) al estudiar los efectos del consumo de alimentos sobre las características del semen y comportamiento reproductivo en verracos adultos, observaron que el volumen de semen fue notoriamente reducido al restringir en gran porcentaje el consumo. Pero, por otro lado, la concentración de espermatozoides aumentó en la medida en que el volumen decreció, de tal modo que el número total de espermios no se vio afectado. En este estudio no se observaron alteraciones ni de la motilidad ni de la fertilidad de los espermatozoides recién eyaculados.

Esto indicaría que los verracos pueden tolerar amplios rangos de planos nutricionales, sin efectos negativos en la fertilidad.

Cuadro 18. Efectos de la subnutrición, sobre los pesos y dimensiones de los órganos reproductivos de cerdas (Dickerson, 1964).

Descripción	Edad (meses)	Peso cuerpo (kg)	Vulva (g)	Ovarios (g)	Utero + vagina (g)	Largo de vagina (cm)	Largo de útero (cm)
Bien nutridos	0,5	2,13	0,34	0,038	0,98	4,0	15,0
	1,0	4,9	1,30	0,097	1,40	4,9	17,8
	1,0	5,6	0,80	0,102	2,0	5,1	17,7
Sub nutridos	4,0	2,67	2,1	0,057	4,4	—	—
	4,5	4,54	2,0	0,061	4,4	—	28
	7	5,0	2,3	0,22	7,2	6	30,5
	7,5	4,55	2,1	0,06	7,5	5	26,0
	12,0	4,82	9,0	0,08	7,4	9	35,0
	12,0	5,7	6,0	0,44	11,6	—	—

CONCLUSIONES

— Los efectos derivados de restricciones nutricionales afectan el proceso reproductivo a 3 niveles; uno, a nivel del hipotálamo, disminuyendo la secreción de factores de liberación; otro, a nivel de la hipófisis que, al no ser estimulada por los factores liberadores, no secreta las hormonas respectivas. Al agravarse la restricción se reduce la síntesis de las hormonas. El tercer nivel es el de los órganos reproductivos, los que dependiendo de la severidad de la restricción y de la edad a que es impuesta, se afectarán en mayor o menor grado, y este efecto será de tipo reversible o irreversible.

— Los efectos producidos por restricciones de tipo energético, son mayores a los producidos por restricciones de tipo proteico. Estas diferencias son difíciles de estimar, ya que al existir carencia de energía, la proteína es derivada a la utilización como fuente energética, provocándose por lo tanto una deficiencia

proteica simultánea. Pero, al existir deficiencia de ciertos tipos de aminoácidos, los procesos reproductivos pueden verse seriamente reducidos.

Las deficiencias de vitaminas y minerales provocan efectos menores y, a más largo plazo, sobre los fenómenos reproductivos.

— Las distintas especies domésticas responden en forma diferente a restricciones nutricionales, siendo las más afectadas aquellas que se desarrollan en condiciones intensivas, ya que fueron seleccionadas hacia un alto nivel productivo, con alto requerimientos nutricionales y, por lo tanto, muy susceptibles a "stress".

Por otra parte, tanto los bovinos de carne, de leche, así como los ovinos, deben ingerir una determinada cantidad de energía para alcanzar la madurez zootécnica, y su cantidad puede obtenerse en cualquier lapso sobre un mínimo. Los cerdos en cambio, no necesitan ingerir una determinada cantidad de energía para alcanzar la pubertad, y son más dependientes de la edad.

LITERATURA CITADA

- ALLDEN, W.G. 1968 a. Undernutrition of the Merino sheep and its sequelae. I. The growth and development of lambs following prolonged periods of nutritional stress. *Australian Journal of Agricultural Research*. 19:621.
- , 1968 b. Undernutrition of the Merino sheep and its sequelae. III. The effects on lifetime productivity of growth restriction imposed at two stages of early post natal in a Mediterranean environment. *Australian Journal of Agricultural Research*. 19:981-996.
- , 1970. The effects of nutritional deprivation on the subsequent productivity of sheep and cattle. *Nutrition Abstracts and Reviews*. 40:(4):1167-1184.
- ALLEN, D.M. y G.E. LAMMING. 1961. Nutrition and Reproduction in the ewe. *Journal of Agricultural Science*. 56:69-79.
- ALLEN, D.M. 1961. Some effects of malnutrition on the growth and sexual development of ewe lambs. *Journal of Agricultural Science*. 57:87-95.
- BLAXTER, K.L. 1956. The nutritive value of feed as source of energy. A Review. *Journal of Dairy Science*. 39:1396.
- BOHMAN, V.R. 1955. Compensatory growth of beef cattle: the effect of hay maturity. *Journal of Animal Science*. 14:249.
- BOND, J. y J.N. WILTBANK. 1970. Effects of energy and protein on estrus, conception rate, growth and milk production of beef females. *Journal of Animal Science*. 30(3): 438.
- BRADEN, A.W.H. y K.E. TURNBULL. 1974. Effects of protein and energy content of the diet on the rate of sperm production in rams. *Australian Journal of Biological Science*. 27:67.
- BRATTON, R.W.; S.D. MUSGRAVE; H.O. DUNN y R.H. FOOTE. 1959. Causes and prevention of reproductive failures in dairy cattle. II. Influence of overfeeding from birth to 80 weeks of age on growth, sexual development and semen production of Holstein bulls. *Cornell University Exp. Sta. Bull.* 940. 45 p.
- BRATTON, R.W. 1961. Causes and prevention of reproductive failures in dairy cattle. III. Influence of underfeeding and overfeeding from birth through 80 weeks of age on growth, sexual development, semen production and fertility of Holstein Bulls. *Cornell University Exp. Sta. Bull.* 964. 24 p.
- BROOKES, A.J. y J. HODGES. 1959. Studies in beef production. I. The effects of level of feeding and of breed on the growth and fattening of spring born cattle. *Journal of Agricultural Science*. 53:78.
- CRICHTON, J.A.; J.N. AITKEN y A.W. BOYNE. 1959. The effect of plane of nutrition during rearing on growth, production, reproduction and health of dairy cattle. I. Growth to 24 month. *Animal Production*. 1:145-162.
- DICKERSON, J.W.T.; GRESHAM, G.A. y R.A. Mc. CANCE. 1964. The effect of undernutrition and rehabilitation on the development of the reproductive organs. *Pigs. Journal of Endocrinology*. 29:111-118.
- DUTT, R.H. y C.E. BARNHARDT. 1959. Effect of plane of nutrition upon reproductive performance of boars. *Journal of Animal Science*. 18:3.
- EL SHEIHK, A.S.; HULET, C.V.; POPE, A.L. y CASIDA, L.E. 1955. The effect of level of feeding on the reproductive capacity of the ewe. *Journal of Animal Science*. 14:919-929.

- ERSHOFF, B.H. 1952. Nutrition and the anterior pituitary with special reference to the general adaptation syndrome. *Vitamins and Hormones*. 10:79-140.
- EVANS, W.M.R. 1964. The influence of four planes of nutrition during rearing on the productivity of the dairy cow. *Expl. Husb.* 10:1-12.
- FLIPSE, R.J. y J.O. ALMGUIST. 1961. Effect of total digestible nutrient intake from birth to four years of age on growth and reproductive development and performance of dairy bulls. *Journal of Dairy Science*. 44:905-914.
- FLIPSE, R.J. 1963. Effects of quality of protein in the concentrate mixture on the growth, reproductive development and semen production of dairy bulls. *Journal of Dairy Science*. 46:1416.
- FOOTE, W.C.; POPE, A.L.; CHAPMAN, A.B. y CASIDA L.E. 1957. Some effects of level of feeding on ovulation rate in yearling ewe. *Journal of Animal Science*. 16:1100.
- , 1959. Reproduction in the yearling ewe as affected by breed and sequence of feeding level, as affected by breed and sequence of feeding level. I. Effects on ovulation rate and embryo survival. *Journal of Animal Science*. 18:453-462.
- GOMBES, S. y HANSEL, W. 1973. Plasma LH and progesterone levels in heifers on restricted energy intake. *Journal of Animal Science*. 37:728.
- GOODE, E.S.E. 1952. The effects of different energy levels on reproductive performance in pigs. *Journal of Agricultural Science*. 42:189.
- HAFEZ, E.S.E. 1960. Nutrition in relation to reproduction in sows. *Journal of Agricultural Science*. 54:170.
- HERN, E.H. 1955. The affects of different levels of proteins on reproductivity in rats. *Endocrinol.* 57:399.
- HOWLAND, B.E., KIRPATRICK, R.L., POPE, A.L. y CASIDA, L.E. 1966 a. Pituitary and ovarian function in ewes fed on two nutritional levels. *Journal of Animal Science*. 25:716-721.
- LAMMING, G.E. 1966. Nutrition and the endocrine system. *Nutrition Abstract and Reviews*. 36(1):1-13.
- LEATHEM, J.H. 1966. Nutritional effects on hormone production. *Journal of Animal Science*. 25:68-82. (suppl.).
- , 1958. Hormones and protein nutrition. *Recent Progress in Hormone Research*. 14:141-182.
- , 1959. Extragonadal factors in reproduction. *In* *Recent Progress in the Endocrinology of Reproduction*. (Edit. by Charles W. Lloyd). Academy Press., New York. p. 179.
- , 1961. Nutritional effects on endocrine secretions. *In* W.C. Young (ed): *Sex and Internal secretions*. Williams & Wilkins Co.; Baltimore, Vol. 1. pp. 666-704.
- LEE, Y.C.P.; KING, J.T. y VISSCHER, M.B. 1952. Influence of protein and caloric intake upon certain reproductive functions and carcinogenesis in the mouse. *American Journal of Physiology*. 168:391.
- LISTER, D.; COWEN, T. y Mc. CANCE, R.A. 1966. Severe undernutrition in growing and adult animals. 16. The ultimate results of rehabilitation: Poultry. *British Journal of Nutrition*. 20:633.
- , y Mc CANCE, R.A. 1967. Severe undernutrition in growing and adult animals. 17. The ultimate results of rehabilitation: Pigs. *British Journal of Nutrition*. 21:787.
- LODGE, G.A. y HARDY, B. 1968. The influence of nutrition during oestrus on ovulation rate in the sow. *Journal of Reproduction and Fertility*. 15:329.

- LUTWAK-MANN, C. y MANN, T. 1950. Restoration of secretory function in male accessory glands of vitamin B - deficient rats by means of chorionic gonadotrophin. *Nature*, London. 165, 556.
- LUTWAK-MANN, C. 1958. The dependence of gonadal function upon vitamins and other nutritional factors. *Vitamins and Hormones*. 16:35.
- MANN, T. y WALTON, A. 1953. Effect of underfeeding on genital functions of the bull. *Journal of Agricultural Science*. 43:343.
- MORRIS, T.R. y NALBANDER, A.V. 1961. The induction of ovulation in starving pullets using mammalian and avian gonadotrophins. *Endocrinology*. 68:687-697.
- Mc CLURE, T.J. 1966. Infertility in mice caused by fasting at about the time of mating. I. Mating behaviour and littering rates. *Journal of Reproduction and Fertility*. 12:243-248.
- MEACHAM, T.N. 1963. Influence of low protein rations on growth and semen characteristics of young beef bulls. *Journal of Animal Science*. 22:115.
- MOULINOS, M.G. y POMERANTZ, L. 1941 a. The reproductive organs in malnutrition; effects of chorionic gonadotrophins upon atrophic genitalia of underfed male rats. *Endocrinology*. 29:267.
- MOULE, G.R. 1966. Effects of semen, nutrition and hormone treatment on the fructose content of ram semen. *Australian Journal of Agricultural Research*. 17:923.
- , 1970. Effects of nutrition on semen and testis. *Animal Breeding Abstract*. 38:185-202.
- NELSON, M.M. y EVANS, H.M. 1953. Relations of dietary protein levels to reproduction in the rat. *Journal of Nutrition*. 51:71-84.
- O'BANNON, R.H.; WALLACE, H.D.; WARRICK, A.C. y COMBS, G.E. 1966. Influence of energy intake on reproductive performance of gilts. *Journal of Animal Science*. 25:706-710.
- PARKER, G.V. y TWAITES, C.J. 1972. The effects of undernutrition on libido and semen quality in adult Merino rams. *Australian Journal of Agricultural Research*. 23:109.
- PRETORIUS, P.S. 1969. Seasonal changes in semen characteristics of Merino rams on different feeding levels. *Agricultural Science*. South Africa. *Agroanimalia*. 1:53:59.
- QUIMBY, F.H. 1948. Organ weight of rats receiving hormone supplements during recovery from chronic starvation. *Endocrinology*. 42, 263.
- REID, J.J.; LOOSLI, J.K.; TRIMBERGER, G.W.; TURK, K.L.; ASDELL, S.A. y SMITH, S.E. 1964. Causes and prevention of reproductive failures in dairy cattle. IV. Effects of plane of nutrition during early life on growth, reproduction, production, health and longevity of Holstein cows. 1. Birth to fifth calving. *Cornell Univ. Agric. Exp. Sta. Bull.* 987.
- REID, J.T. 1960. Effect of energy intake upon reproduction in farm animals. *Journal of Dairy Science*. 43 Suppl. 103-120.
- RINALDINI, L.M. 1949. Effect of chronic inanition on the gonadotrophic content of the pituitary gland. *Journal of Endocrinology*. 6, 54.
- ROBERTSON, G.L.; CASIDA, L.E.; GRUMMER, R.H. y CHARPMAN, A.B. 1951. Some feeding and management factors affecting age at puberty and related phenomena in Chester White and Poland China Gilts. *Journal of Animal Science*. 10:841.
- SALOMON, S. 1964. The effects of nutritional regimen on the potential semen production of rams. *Australian Journal of Agricultural Research*. 15:645.

- SELF, H.L., GRUMMER, R.H. y CASIDA, L.E. 1955. The effects of various sequences of full and limited feeding on the reproductive phenomena in Chester white and Poland China gilts. *Journal of Animal Science*. 14:573.
- SETCHELL, B.P.; WAITES, G.M.H. y LINDNER, H.R. 1965. Effects of undernutrition on testicular blood flow and metabolism and the output of testosterone in the ram. *Journal of Reproduction*.
- SHIRLEY, R.L. 1963. Effects of dietary protein on fructose, citric acid and 5 - nucleotidase activity in the semen of bulls. *Journal of Animal Science*. 22:14.
- SORENSEN, A.M.; HANSEL, W.; HOUGH, W.H.; ARMSTRONG, D.T.; Mc ENTER, K. y BRATTON, R.W. 1959. Causes and prevention of reproductive failures in dairy cattle. 1. Influence of underfeeding and overfeeding on growth and development of Holstein heifers. *Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bull.* 936.
- STEVERMER, E.J.; ROVACS, M.F.; HOEKSTRA, W.G. y SELF, H.L. 1961. Effect of feed intake on semen characteristics and reproductive performance of mature boars. *Journal of Animal Science*. 20(4):858.
- SWANSON, E.W. y HINTON, S.A. 1964. Effects of seriously restricted growth upon lactation. *Journal of Dairy Science*. 47:262.
- TILTON, W.A.; WARNICK, A.C. y CUNHA, T.J. 1964. Effect of low energy and protein intake on growth and reproductive performance of young rams. *Journal of Animal Science*. 23:645.
- VAN DENMARK, N.L. y MAUGER, R.E. 1964. Effect of energy intake on reproductive performance of dairy bulls. I. Growth, reproductive organs and puberty. *Journal of Dairy Science*. 47(7):798.
- , FRITZ, G.R. y R.E. MAUGER. 1964. Effect of energy intake on reproductive performance of dairy bulls. II. Semen production and replenishment. *Journal of Dairy Science*. 47:898.
- WEATHERBT, E.J. y REECE, R.P. 1941. Effect of a high and low-protein ration on the gonadotrophic content of male rat pituitaries. *Journal of Dairy Science*. 24, 508.