

ALIMENTACIÓN DE TERNEROS EN AUSENCIA DE PROMOTORES DE CRECIMIENTO DE TIPO ANTIBIOTICO: CONTROL DE TIMPANISMO Y ACIDOSIS

F. Bacha¹, N. Llanes² y E. Bueno³

¹NACCOOP. S.A., ²Cooperativa D'Ivars, ³Cobadu

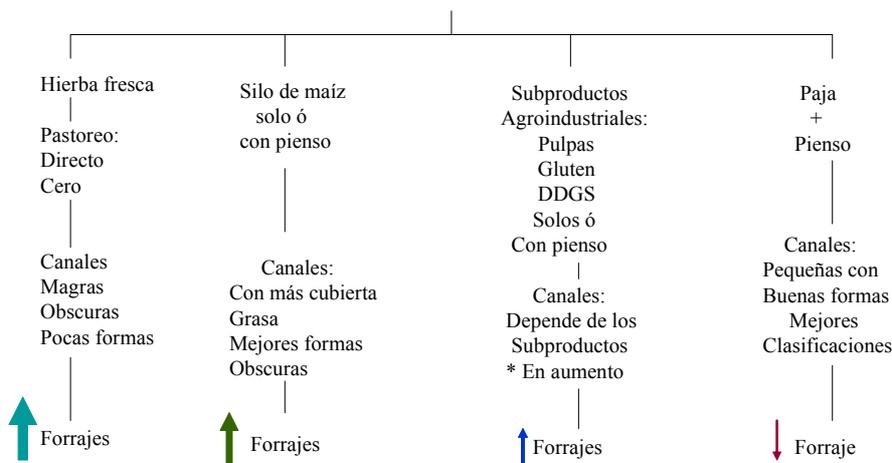
1.- INTRODUCCIÓN

Los sistemas tradicionales de cebo de vacuno en los países donde abundan los pastos de buena calidad están basados en la utilización de forrajes y con ello se aprovecha una de las características básicas de los rumiantes, que es la de no competir con los humanos en el consumo de granos. Las principales superficies de pastoreo son las praderas y los pastizales naturales que se consumen directamente a diente por el ganado. En las zonas de grandes cultivos se utilizan los cereales forrajeros: maíz, trigo, avena, centeno, cebada, etc., que en su mayoría se consumen ensilados y las leguminosas forrajeras que se aprovechan henificadas. La utilización de los alimentos concentrados como los granos de cereales o las tortas de oleaginosas ha ido en aumento en la comunidad Europea en parte debido al abaratamiento de las materias primas y como forma de intensificar la producción, desde el “barley beef” de los Ingleses hasta los sistemas superintensivos utilizados en España (figura 1).

En España, actualmente, encontramos varios sistemas de producción de carne de terneros: extensivos, semiintensivos, intensivos, etc., con variaciones entre ellos dependiendo de la raza y de la región donde se encuentren. En un reciente análisis

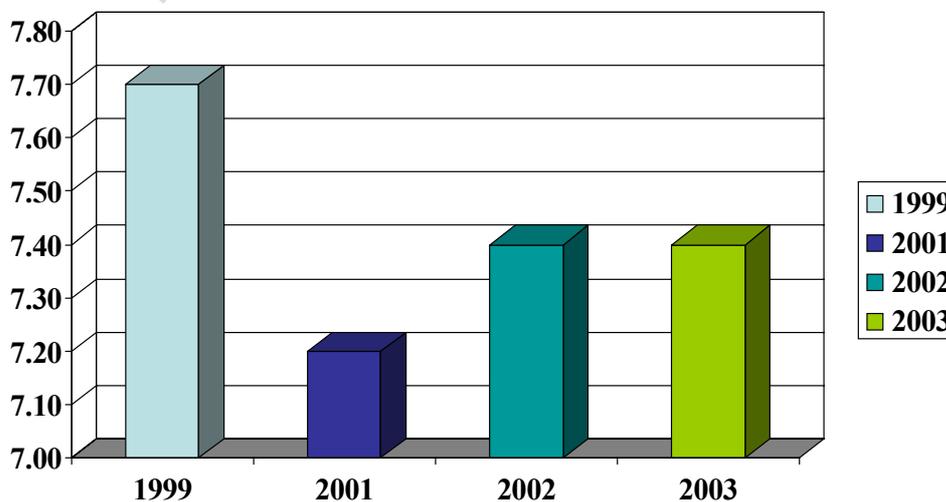
económico, Tió (2002) expone que uno de los “mitos” de la ganadería con los que sería conveniente terminar es el de los dos tipos de ganadería: la extensiva y la intensiva. Existen múltiples sistemas productivos mixtos entre los dos extremos virtuales porque, en definitiva, cuando los terneros se sacrifican, su carne se comercializa en el mercado sean terneros hijos de madres lecheras, o sean animales de aptitud cárnica. ¿Cuántos meses es extensivo un terneros pastero? o ¿Cuántos un ternero “mamón”?, esto adquiere especial importancia al tratar las ayudas (primas o subvenciones), en un mercado tan delicado como la producción de carne de bovino.

Figura 1.- Sistemas de alimentación.



Según datos publicados por el “Colegio oficial de Veterinarios de Madrid” del 08/04/2005, el sacrificio de vacuno en la Unión Europea alcanzó en 2004 los 31,3 millones de cabezas de ganado. Mientras el número de machos ha aumentado en 180.000 respecto a 2003, el de las vacas y las novillas se ha mantenido estable, y una producción más o menos estable de carne de unos 7,4 millones de toneladas al año (figura 2).

Figura 2.- Producción comparada de carne de vacuno en la UE, en millones de toneladas.



Para el ejercicio 2005 se espera una producción de 30,5 millones de cabezas (casi 800.000 menos que en 2004). El descenso más significativo se producirá en Alemania, Reino Unido y Polonia.

En España se producen anualmente en torno a las 650 000 toneladas de carne, lo que representa un volumen de sacrificios de cerca de 2,5 millones de cabezas al año. De esta cantidad más del 85% se obtiene de animales muy jóvenes (añejos y terneros un 80% y ternera blanca un 5,5%). La producción de carne de animales adultos (vaca esencialmente) se orienta principalmente a la exportación. La producción de carne de vacuno aporta alrededor del 25% de la producción nacional de carne con un consumo “per. capita” de 14 kg de carne de vacuno por habitante y año (Miranda y Díez, 2002).

Una importante parte de producción española (más de 20%) se destina a ser exportada. También se exporta un importante número de animales vivos, que serán sacrificados en otros países (Miranda y Díez, 2002). Por otra parte, se importa un buen número de animales pequeños para cebar aquí. Se trata, por tanto, de un sector con una importancia comercial de primer orden.

2.- SISTEMAS ACTUALES DE PRODUCCIÓN DE CARNE DE VACUNO

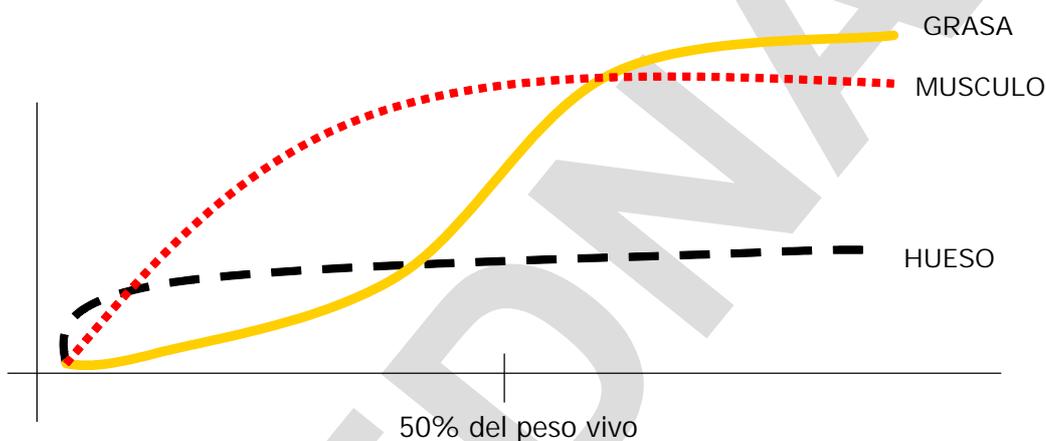
El consumo de carne especialmente la de vacuno, en general, ha ido ligado al desarrollo de las diferentes regiones de mundo. Sin embargo, últimamente en los países más desarrollados, una vez alcanzado el máximo consumo este tiende a disminuir al sustituirla por otro tipo de alimentos teóricamente más “recomendables” para la salud. En la zona mediterránea el aumento se ha dado en la carne de cerdo y pollo, mientras que la carne de vacuno se ha estancado e incluso en algunos años se ha retraído.

Como se puede ver en la figura 1 el sistema de producción determina el tipo de producto final que vamos a obtener, sin embargo, cada vez más es éste último el que en realidad determina el sistema que deberemos seguir para conseguir el producto que demanda el mercado. Cualquier sistema podrá aplicarse apoyando las decisiones sobre el manejo animal, tanto desde el punto de vista biológico como también económico. Para que el sistema de alimentación sirva, debe abarcar no solo las necesidades para alcanzar el máximo de producción, sino también la respuesta a diversos niveles de los nutrientes más importantes, ya que las respuestas biológicas siguen la ley de rendimientos decrecientes. Este objetivo requiere que el sistema de predicción incorpore funciones no lineales por lo tanto tener en cuenta los fenómenos que se suceden fuera de los cálculos de la formulación de las dietas. Por ejemplo, el manejo del ternero hasta que llegue al cebadero puede ser muy diferente, con variaciones en la edad al destete, la alimentación antes y después del destete, la cantidad y calidad de los forrajes y concentrados que ha comido, etc. Estos factores y otros pueden influir en el rendimiento del ternero en su fase de cebo y el sistema

de alimentación debería tener en cuenta todo esto. Quizá el factor más importante a tener en cuenta fuera de la nutrición, en la producción de carne de vacuno es la variabilidad de resultados debido a la genética.

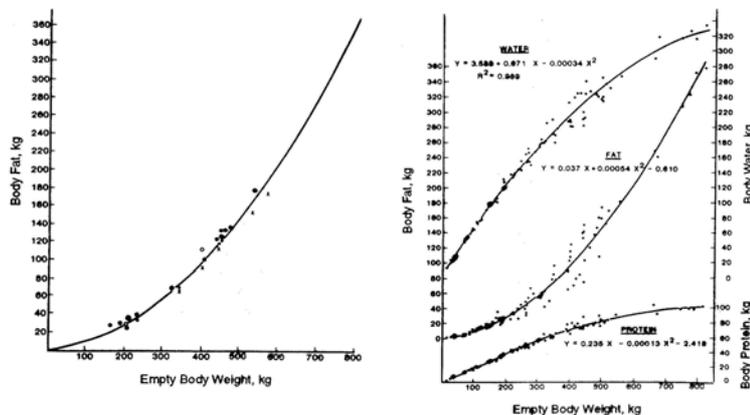
El crecimiento de las distintas razas e incluso especies animales productoras de carne ha sido ampliamente caracterizado analizando los cambios ocurridos a través del tiempo (Trenkle y Marple, 1983), cambios que a su vez conllevan a modificaciones en la forma y composición corporal (Berg y Walters, 1983). En la figura 3 se puede observar de manera esquemática el crecimiento alométrico de los tres tejidos más importantes.

Figura 3.- Crecimiento postnatal de los principales tipos de tejidos (Trenkle y Marple, 1983).



El NRC (1996) hace una revisión sobre el crecimiento y las reservas corporales, miden la relación entre el peso de la canal (kg) y la deposición de grasa en terneros castrados de razas británicas (figura 4).

Figura 4.- Desarrollo comparativo de los tejidos (NRC, 1996)



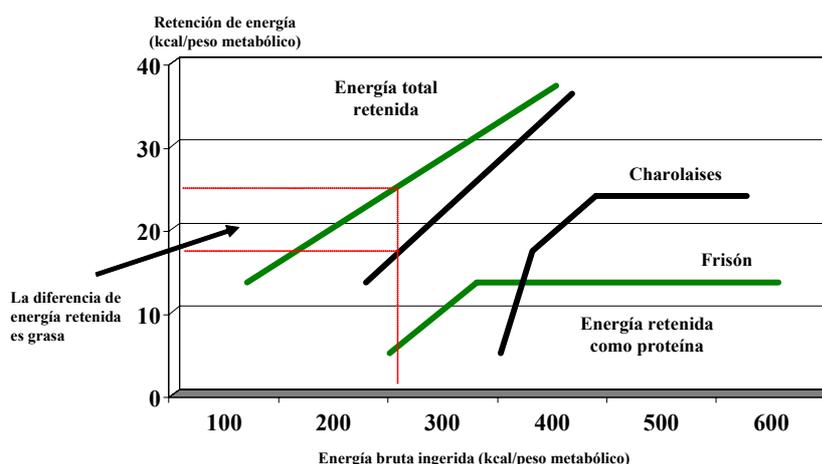
RELACIÓN DE PESO CORPORAL VACÍO Y LOS DIFERENTES TEJIDOS

En la figura 4 se puede observar que en los animales de bajo crecimiento y en edades tempranas existe alguna deposición de grasa y la síntesis tanto de proteína como de grasa aumenta, al aumentar la ganancia media diaria de peso. Si pudiéramos reunir en una sola curva la deposición de agua y proteína nos daría una idea muy clara del desarrollo muscular. Cuando el aporte de energía sobrepasa las necesidades de mantenimiento, lo primero en cubrirse es la tasa de síntesis de proteica y el exceso de energía se deposita en forma de grasa.

El peso al que la composición tisular es la deseada para los animales de abasto depende del sexo, el peso adulto y la precocidad. Las hembras de todas las razas son más precoces, los animales con mayor peso adulto normalmente depositan grasa a una edad más tardía. Aunque, quizá el factor más importante para decidir el sistema de producción, en los terneros productores de carne sea la precocidad de las razas.

En la figura 5 se puede observar la relación entre la energía retenida y la energía bruta ingerida en terneros en crecimiento con el mismo porcentaje de peso maduro (42%), los datos de energía retenida se obtuvieron mediante la técnica de sacrificios comparativos. Como se puede observar, a igualdad de peso los Frisones tienen mucho mayor capacidad de retener energía, debido a que empiezan a depositar grasa a una edad más temprana. Cuando las canales se lavan con solventes orgánicos para eliminar la grasa, se obtiene la energía retenida en forma de proteína. En la figura 5 se observa que los charoleses desarrollan más tejido magro, a edad más temprana y más rápida.

Figura 5.- Relación entre la energía retenida y la energía bruta ingerida en terneros en crecimiento con el mismo porcentaje de peso maduro (42%)



A nivel de parámetros productivos pasa más o menos lo mismo. Por ejemplo, un ternero Frisón (Holstein) de 400 kg aumenta 800 g/día de peso, con un ingesta de 6-7 kg de pienso concentrado al día, con la misma ingestión y el mismo pienso podemos esperar de

un ternero charolais un crecimiento de 1200 g/día. Esto es debido a que el primero deposita parte de la energía consumida en forma de grasa.

Por lo tanto podemos decir que las características principales de las razas precoces son:

- Mayor capacidad de ingestión energética.
- Mayor capacidad de depositar la energía consumida.
- Mayor capacidad en utilizar la energía para producir grasa.
- Menor capacidad de síntesis de tejido magro.
- Mayor precocidad para que estos efectos se produzcan.
- Menos capacidad de ganancia diaria de peso.
- Peor conformación de canal en matadero, lo que da como resultado un menor valor de la canal.

Todas estas características no tienen relación con la calidad de la carne, esta viene determinada entre otras cosas por:

1. Cantidad de tejido muscular en la pieza.
2. Diámetro de las miofibrillas.
3. Componentes cárnicos ajenos a las miofibrillas (elastina, colágeno)
4. Presencia de grasa interfibrilar.
5. Presencia de grasa intermuscular.
6. Grosor de la masa muscular.
7. Forma de la pieza.
8. Grado de humedad (Sivele, 2005).

En el cuadro 1 se puede observar otro ejemplo comparando dos razas totalmente contrarias respecto a su precocidad. Por un lado, los charoleses obtienen mejores resultados productivos y mejores características de canal, sin embargo, los Angus para el mercado Americano desarrollan la mejor calidad de carne.

En los bovinos incluso dentro de la misma raza suele haber diferencias importantes entre los individuos. En el cuadro 2 se pueden observar los resultados productivos y el rendimiento de canal de terneros asturianos. Dentro del grupo existía un animal con características genéticas de culón y, como podemos ver, a pesar de ser muy apreciados por los mataderos y carniceros sus cualidades productivas son peores que las de sus hermanos.

Cuadro 1.- Comparación de las características y de la composición tisular.

Raza:	Angus (**)	Charolais	P
n	8	8	
Peso sacrificio (kg)	449	498	*
Edad sacrificio (kg)	500	566	NS
Peso canal cal. (kg)	233	270	***
Rendimiento (%)	52,4	54,3	***
Longitud canal (m)	1,17	1,24	***
Espesor grasa (cm)	14,7	7	*
Area de lomo (mm)	5 460	6 330	NS
Magro (g/kg)	529	566	***
Hueso (g/kg)	144	151	NS
Grasa (g/kg)	310	236	***

** Es la raza con mayor marmoleo (cantidad de grasa interfibrilar).

Cuadro 2.- Rendimiento de terneros Asturianos nacidos en invierno primavera y sometidos a alimentación intensiva tras el destete en octubre.

TIPO DE TERNERO				
** Acabado:	NORMAL	NORMAL	NORMAL	CULÓN
Duración (días)	132	195	259	252
Peso inicio (kg)	232	269	201	232
Peso sacrificio (kg)	432	555	520	532
Peso canal (kg)	246	331	315	355
Crecimiento (kg/día)	1,52	1,47	1,23	1,19
Rendimiento (%)	57	59,7	60,5	66,7
Pienso consumido (kg)	871	1,385	1,696	1,414
Paja de cereal (kg)	165	276	391	283
Kg pienso/kg ganancia	4,34	4,83	5,32	4,71

2.1.- Extensivo y semi-intensivo

Durante los últimos 25 años los sistemas de producción de ganado vacuno de carne, han experimentado un cambio acelerado. En los países mediterráneos las zonas de pastos naturales son escasas y su productividad está totalmente condicionada por la pluviometría. Lo normal son pastizales y praderas de montaña y pastos en zonas de arbolado abierto, del tipo de la dehesa, donde pastan los rebaños de las vacas nodrizas y los terneros permanecen con su madre hasta su destete. En España la producción de carne de vacuno exclusivamente a base de pastoreo directo podemos decir que no existe, quizá lo más

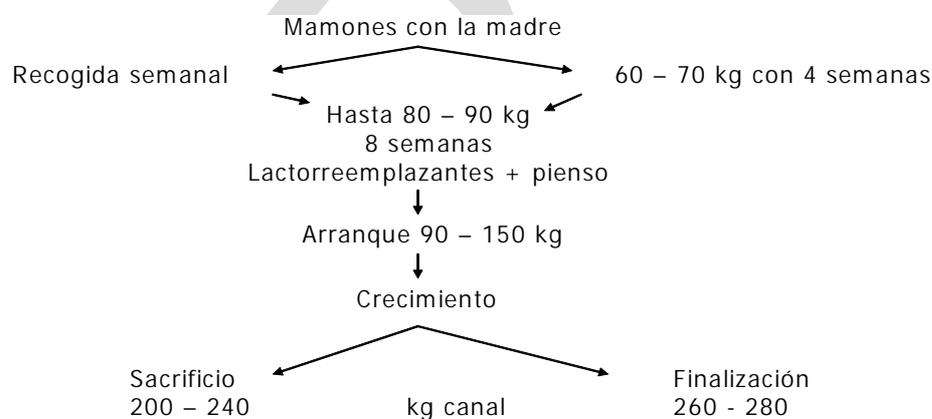
parecido es el sistema semi-intensivo que se practica en la cornisa cantábrica especialmente en Galicia y en Asturias aprovechando sus razas autóctonas. Los terneros permanecen con sus madres hasta el sacrificio con lo cual todo el cebo consumen leche, pienso y el forraje que tienen a su disposición, bien sea en el pesebre o a diente. El peso al sacrificio normalmente no pasa de los 180 kg de canal con rendimientos muy altos superiores al 65% y con unas clasificaciones altas.

2.2.- Producción de “mamones o cubeteros”

En este sistema, aproximadamente un 55% de los animales corresponden a razas de aptitud cárnica, comúnmente llamados “terneros color”, mientras que el 45% restante corresponde a razas de aptitud lechera, llamados terneros “pintos” o frisonos.

Los terneros frisonos suelen entrar en la explotación con pocos días de vida y con un peso de 45-60 kg. Durante al menos 1 mes, estos animales serán alimentados con un lactorreemplazante, hasta alcanzar los 80-90 kg con una edad aproximada de 6 a 8 semanas (figura 6).

Figura 6.- Esquema del sistema de producción de los terneros mamones o cubeteros.



Tradicionalmente los terneros de aptitud cárnica eran sacrificados alrededor de los 15 meses de edad con pesos de 550-600 kg peso vivo, mientras que los frisonos se sacrificaban alrededor de los 13 meses con pesos de 480-490 kg. Actualmente y debido a la crisis de la enfermedad de “Encefalopatía espongiiforme bovina” en el 2001, la mayoría de terneros suelen sacrificarse antes del año y después de los nueve meses de edad, debido al coste que supone la retirada de los tejidos de alto riesgo y al cobro de las primas de cebo y sacrificio que cumple cuando los animales tienen más de 9 meses. Por lo tanto, el sacrificio se realiza entre los 9 y los 11 meses de edad del ternero.

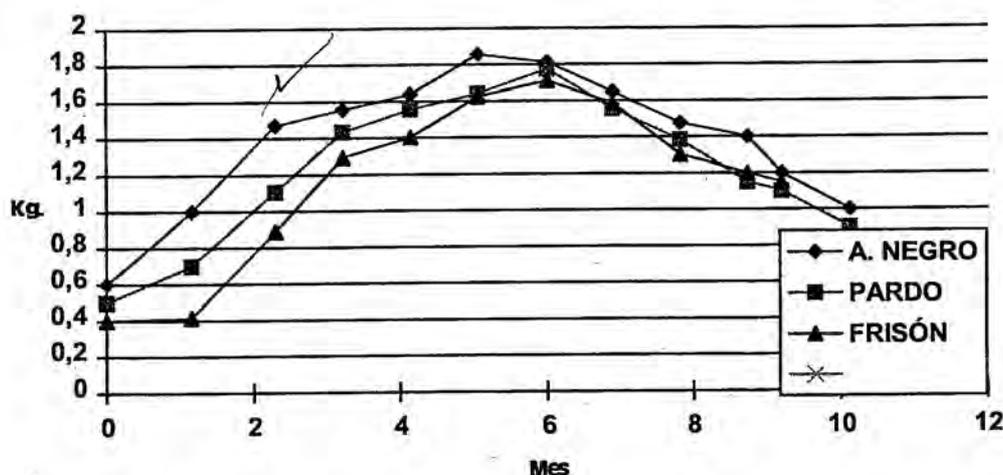
Este sistema es totalmente intensivo, tiene como ventajas que permite obtener una velocidad de crecimiento en los animales elevada y ciclos productivos más cortos. Por el contrario, hay un aumento de desequilibrios digestivos (acidosis, meteorismos) ya que no se asegura una ingesta mínima de la parte fibrosa de la ración y los concentrados suelen ser altos en almidones rápidamente digestibles.

El manejo de los piensos debe estar dirigido a maximizar los crecimientos de los animales al mínimo coste, preservando una calidad de la canal óptima. En este sistema se suelen manejar 4 tipos de pienso: iniciación, transición al cebo, crecimiento y acabado.

El pienso de iniciación se les suministra junto con el lacto-reemplazante y paja desde los primeros días de vida y hasta los 90 kg aproximadamente. La presencia de ácidos grasos volátiles, especialmente del butírico y propiónico, estimulan el desarrollo de las papilas ruminales y favorecen el paso del ternero prerumiante a rumiante (Heindrich et al., 2003).

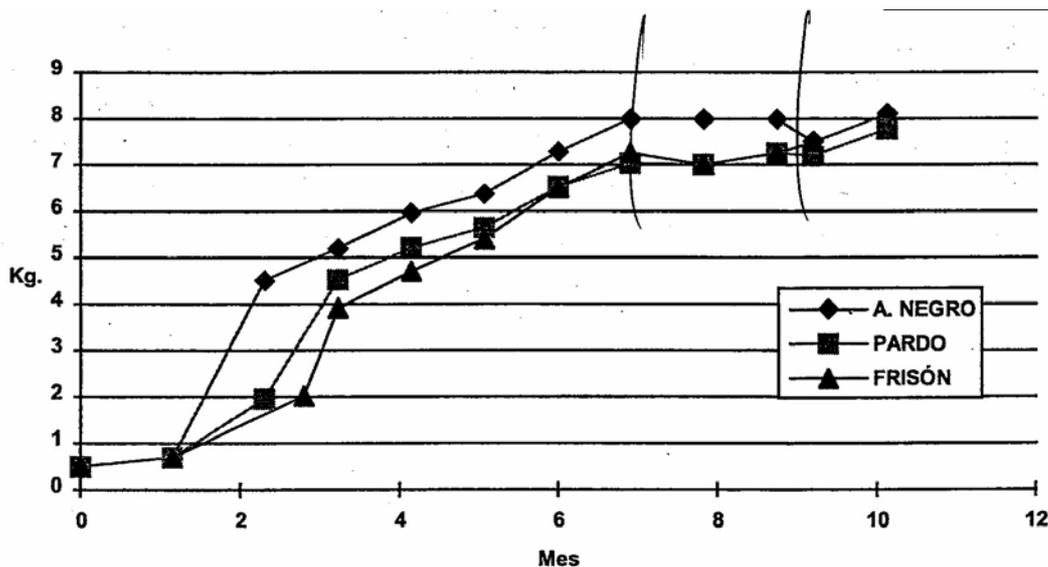
Hacia los 2 meses de vida se produce el destete y los terneros pasan a comer solo pienso de transición y paja. A los 150 kg de peso se les cambia al pienso de crecimiento y dos meses antes del sacrificio al de acabado. Estos cambios de pienso intentan adecuar las necesidades nutricionales, según la curva de crecimiento de los terneros, a un mínimo coste (figura 7). Miquel (2001) estimó que el mayor crecimiento diario para terneros de distintas razas se produce entre los 4 y 7 meses de vida, por tanto en este período las necesidades proteicas del animal son elevadas (ver figura 11, más adelante). Deberíamos suministrar un pienso rico en proteína siempre teniendo en cuenta el consumo del animal que, en esta fase, también es elevado.

Figura 7.- Crecimiento diario de terneros frisones, pardos y avileños (Miquel, 2001).



A partir de los 7 meses el potencial de crecimiento decrece y el consumo de alimento diario se eleva por lo el porcentaje de proteína en la ración ya no necesita ser tan elevado (figura 8).

Figura 8.- Consumo de pienso diario de terneros frisones pardos y avileños negros.



Como veremos posteriormente la utilización de monensina en los sistemas intensivos estaba altamente extendida, lo que permitía controlar el desarrollo de las enfermedades metabólicas nutricionales y mejorar el índice de conversión con bastante eficacia. Esto es especialmente importante en la obtención de buenos resultados en este sistema.

2.3.- Producción de pasteros

En este sistema los terneros y las terneras de los rebaños de vacas de carne, tras su destete a los 5-7 meses, son conducidos a los cebaderos. Asimismo, los terneros de hatos lecheros son recriados con leche reconstituida hasta 4-5 meses de edad y posteriormente pasan a los cebaderos.

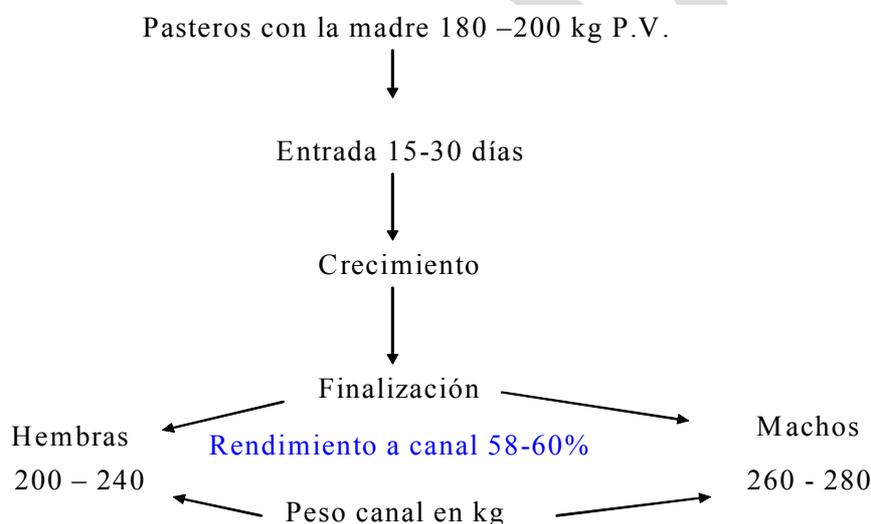
Estos terneros durante su fase de cría alcanzan ganancias diarias medias de 0,9 kg gracias a la capacidad de producción de leche de las madres que en caso de limitación alimenticia son capaces de movilizar sus reservas para ofrecer a los terneros el alimento necesario, siempre y cuando las condiciones adversas no se prolonguen. Además, hay que tener en cuenta que este fenómeno metabólico compromete la función reproductiva, por ello siempre es conveniente dar una suplementación con concentrados a las vacas camperas.

El cebo intensivo de pasteros en España se encuentra localizado en granjas especializadas o cebaderos. Los terneros y terneras de los rebaños de vacas de carne, tras su destete, son conducidos a los cebaderos, bien sean de procedencia nacional o de importación.

Independientemente de la genética de los animales a nivel económico la nutrición significa el mayor gasto en las explotaciones intensivas y elegir un adecuado sistema de alimentación es clave. En la figura 1 podemos ver una clasificación de estos sistemas en base a la cantidad de forraje que se utiliza.

El optar por uno u otro sistema dependerá de los objetivos y de la capacidad de acopio de insumos que se tenga. En la mayoría del territorio español es muy difícil obtener forraje en cantidad y calidad suficiente para cubrir las necesidades de crecimiento de los terneros, por lo cual el sistema idóneo es el de utilizar pienso y paja y ésta última sólo con el objetivo de mantener las funciones ruminales lo más normales posible, dado que el sistema compromete en si mismo la fisiología del rumiante. En la figura 9 podemos ver un esquema del sistema más común de producción de los terneros pasteros en España.

Figura 9.- Esquema del sistema de producción de terneros pasteros.



El factor más determinante en la nutrición de los rumiantes es la capacidad de ingestión, aunque en los sistemas a libre disposición tiene un peso específico más relativo, su cálculo sirve para prever y en algunos casos determinar el gasto de concentrado. De manera empírica se ha calculado que el consumo medio diario de un ternero en cebo, en el sistema pienso + paja, es de 7 kg de pienso y aproximadamente 2 kg de paja todo en materia seca. El NRC (1996), de manera experimental y científica, nos confirma que el consumo de materia seca media diaria es de aproximadamente 9 kilos (figura 10).

Además de la capacidad de ingestión, la concentración energética de los piensos es clave para obtener los objetivos planeados en la figura 11 podemos ver las recomendaciones del NRC de 1996, las recomendaciones de proteína que se presentan en la gráfica son un poco más altas que la americanas, porque generalmente en Europa se trabaja con niveles más altos.

Figura 10.- Ecuación de predicción del consumo de materia seca kg/día, NRC (1996, 1998).

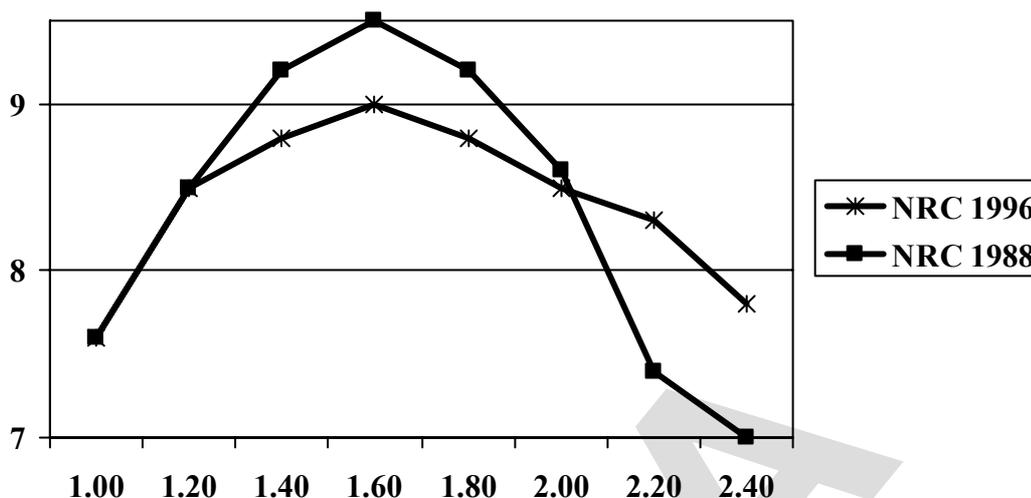
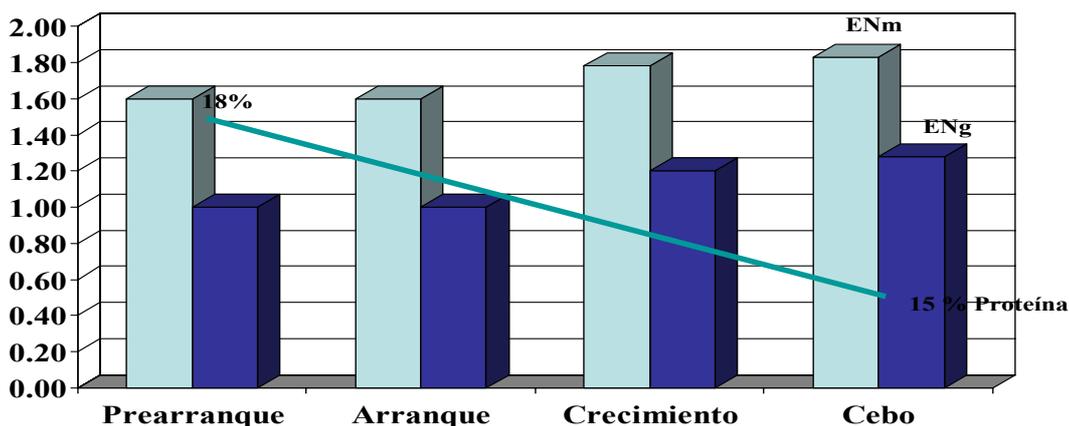


Figura 11.- Necesidades energéticas de los terneros (NRC, 1996)



En el cebo de terneros pasteros, quizá el momento más complicado sea la entrada al cebadero. El animal sufre, unido al estrés del transporte, la adaptación a un medio ambiente distinto, a un entorno social diferente y, sobre todo, a un cambio de la alimentación, que dependiendo de la procedencia de los animales, puede llegar a comprometer seriamente su salud. En general, estos animales el único alimento sólido que han consumido es forraje y no siempre de buena calidad, con lo cual el desarrollo de las papilas ruminales es lento y muy queratinizado debido a la escasa producción de ácidos grasos volátiles y al elevado contenido de fibra no degradable (figura 12).

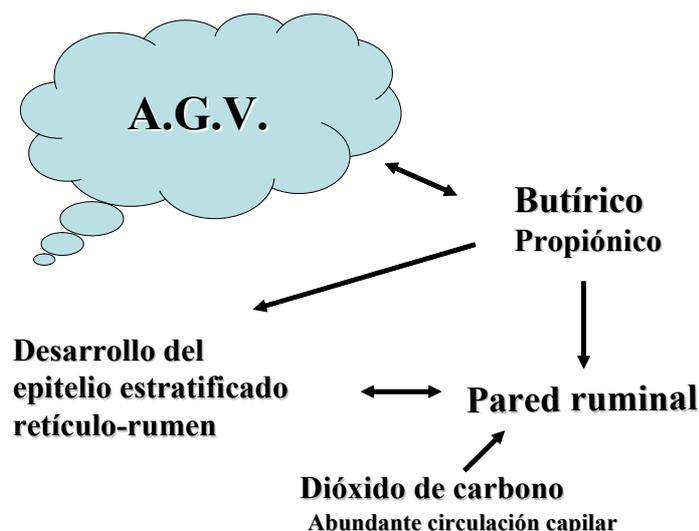
El contacto continuo y en cantidad suficiente de los ácidos grasos volátiles, especialmente del butírico y en menor medida el propiónico, con el epitelio estratificado del rumen, estimula el desarrollo de las papilas y junto con la presencia del dióxido de

carbono que estimula el flujo sanguíneo hacia el epitelio retículo ruminal, se desarrolla la principal función de este órgano, que es la producción de energía.

Los ácidos grasos volátiles se absorben en forma no disociada. El acético pasa rápidamente al organismo sin sufrir ningún cambio y es utilizado directamente como aporte de energía, el propiónico es convertido en láctico o succínico, este último puede entrar directamente en el ciclo de Krebs para la obtención de energía o utilizarse como precursor de la glucosa. El butírico es metabolizado en la pared ruminal hasta β -hidroxibutírico, esta vía es cetogénica (Booth y McDonald, 1988). Al parecer el hecho de que sea el ácido butírico el que mayor influencia tiene sobre el desarrollo de las papilas es debido precisamente a que se metaboliza en las células epiteliales.

Por todo esto el primer pienso que consumen los terneros a la entrada al cebadero tiene que estar diseñado para no causar ningún problema, o sea un contenido alto de fibra, bajo en grasa y proteína y con niveles medios de almidón. Es prudente no excederse para no causar problemas de acidosis, pero al mismo tiempo con una cantidad que provoque una fermentación intensa en el rumen para desarrollar las funciones de absorción del rumen-retículo. Aunque, en general, no es conveniente recomendar la utilización de materias primas, si no los niveles de nutrientes, en el caso de este pienso la incorporación de salvado de trigo es una alternativa muy útil, debido a que su nivel medio de almidón es medianamente alto (20% de media) y sobre todo a que este almidón está físicamente suelto y es de muy rápida fermentación, lo que favorece el aumento de ácidos grasos volátiles y con ello el desarrollo de la pared ruminal (Figura 12).

Figura 12.- Desarrollo de las papilas ruminales



De manera práctica en la formulación de pienso de entrada no debe limitar, o sea no debe ser importante la energía, ni la proteína, es conveniente diseñar un pienso con un nivel aproximado al 25% de fibra ácido detergente.

En el cuadro 3 se dan unas recomendaciones prácticas, de algunos niveles de nutrientes, aunque normalmente no es conveniente dar recomendaciones generales dado que estas varían en función de la genética de los animales y de las condiciones medio ambientales.

Cuadro 3.- Recomendaciones de nutrientes en formulación para cebo de terneros.

	PB	UFC	FND/Almidón
Cría	17%	1	1-2,64
Rebajado	15%	0,9	1-1,70
Entrada	12%	0,86	1-0,82
Cebo	15%	0,99	1-1,93
Cebo (E)	14%	1,025	1-2,50

La relación FND almidón 1-2 hasta 1-2,5 a partir de aquí es conveniente incluir un tampón bicarbonato
Pb-No degradable = 30% de la proteína

La presentación de la alimentación (cuadro 4) es muy importante en los terneros principalmente debido a que, los rumiantes en general y particularmente los terneros no ingieren las partículas finas, ya sea harina o gránulo.

Cuadro 4.- Presentación del pienso en cebo de terneros.

- Granos troceados 4,0 – 5,0 mm
- En terneros pequeños se puede moler más pequeños (2 – 2,5 mm) cuando se granula.
- Gránulo (pellet) 3,5 – 4,5 mm
- Dureza inferior a 15 puntos (tornillo Bonals)
- Durabilidad >98%
- Rechazo de finos

Podemos decir por lo tanto que la producción de carne de terneros en España tiene dos sistemas muy particulares, de los cuales se ha investigado relativamente poco.

3.- MANIPULACIÓN DEL ECOSISTEMA RUMINAL

El conocimiento de las bases fisiológicas del ecosistema ruminal y sus procesos metabólicos han permitido a las empresas de la industria la manipulación del rumen. Esta se puede hacer mediante sustancias que alteran el ambiente ruminal (buffers o tampones), modifiquen la actividad metabólica y la proporción de ciertos microorganismos (ionóforos, ácidos dicarboxílicos), mejoren el ambiente ruminal (cultivos microbianos), o incrementen la utilización de los alimentos (enzimas). El uso de los ionóforos en la alimentación animal especialmente en los rumiantes ha sido uno de los avances biotecnológicos más importantes, debido a que mejoran la eficiencia productiva en forma consistente y efectiva.

Los ionóforos se han incorporado a las dietas para rumiantes desde los años 60 – 70 con resultados variables, dependiendo en gran medida de la relación forraje-concentrado. Según Huntington (1992), la adición de estos aditivos a bovinos en pastoreo tiene poco efecto, pero mejoran en un 6% la ganancia de peso. Por otro lado en ensayos de Stock et al. (1995) incrementando el nivel de concentrado progresivamente desde el 15 hasta llegar al 100%, observaron que los resultados son mejores mientras mayor es el nivel de concentrados y los niveles de monensina se sitúan entre 30 – 40 ppm.

Al demostrarse que los antibióticos influyen sobre los microorganismos ruminales, durante muchos años se ha intentado controlar el número y tipo de bacterias ruminales, así como los patrones de fermentación ruminal. Los ionóforos afectan más a las bacterias Gram positivas que a las Gram negativas. Al parecer, bajo ciertas condiciones experimentales, los protozoarios y hongos ruminales también son sensibles a los ionóforos. Algunos estudios demuestran que la monensina disminuye entre el 4 y el 63% el número de protozoarios (Schelling, 1984; Newbold et al, 1993b). Cann et al (1993) encontraron que el crecimiento in vitro de una mezcla de hongos ruminales fue suprimido por la salinomicina y la monensina; además observaron que el efecto fungistático de los ionóforos es mayor en *Piromona* spp que en *Neocallimastix* spp.

3.1.- Impacto económico

Pinos y González (2000), en su revisión de 28 ensayos diferentes, encontraron que los ionóforos disminuyen el consumo de materia seca en un 3,42%, aumentan la ganancia diaria de peso en un 4,43% y mejoran la conversión alimenticia en un 9,03% respecto a los animales de los grupos testigos que no recibieron ningún aditivo.

Bergen y Bates (1984) señalaron que en rumiantes alimentados con alta proporción de carbohidratos rápidamente fermentables, los ionóforos deprimen el consumo de alimento, pero no modifican la ganancia de peso, lo cual implica una mejor eficacia alimenticia. Además, cuando los rumiantes reciben dietas con elevada cantidad de forrajes,

los ionóforos no deprimen el consumo y mejoran la ganancia de peso. Estos autores afirman que los ionóforos causan los siguientes efectos biológicos en los rumiantes:

- Mejoran la proporción acetato-propionato.
- Incrementan la utilización de lactato para la síntesis de propionato por la vía acrílica.
- Disminuyen la degradación y desaminación de proteínas en el rumen.
- Inhiben la producción de formiato en bacterias Gram positivas.
- Reducen la generación de metano, como resultado de la menor disponibilidad y transferencia de H^+ entre bacterias.
- Disminuyen la producción de ácido láctico en condiciones que favorecen la acidosis.
- Deprimen el crecimiento de bacterias Gram negativas productoras de succinato.
- Inhiben el recambio de contenido ruminal.
- Provocan una ligera inhibición de protozoarios.
- Reducen la viscosidad del fluido ruminal en animales timpanizados, con lo que se activa la velocidad de paso y se reduce la osmolaridad del rumen.

3.2.- Mecanismos de acción biológicos y productivos de los ionóforos (monensina)

Los ionóforos son compuestos lipolíticos capaces de transportar y ligar iones como K^+ , Na^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} (Russell y Strobel, 1989) a través de la membrana celular de organismos procariontes y eucariontes. Existen diversos ionóforos pero son los carboxílicos los que han utilizado con mayor frecuencia en la alimentación de rumiantes. Los ionóforos y los iones que transportan, se unen a través de interacciones bipolares, enlaces de H y fuerzas de Van der Waal. La monensina se une preferentemente a cationes monovalentes, mientras que el lasalocid une a iones mono y bivalentes (Elsasser, 1984).

Los ionóforos afectan a algunas bacterias ruminales, debido a que interrumpen el intercambio iónico y modifican los gradientes protónicos y catiónicos de la membrana celular. Como respuesta a esta modificación de gradientes, las bacterias inician un bombeo activo de protones al exterior, que les permite mantener las concentraciones iónicas y el equilibrio ácido – básico en su interior; sin embargo, estos procesos requieren suficiente energía metabólica extra (Henderson et al., 1969; Russell, 1987).

La monensina (M), además de facilitar el intercambio H^+ y Na^+ a través de las membranas celulares, también facilita el intercambio de K^+ y H^+ y el flujo de iones, lo cual ocasiona la salida considerable de K^+ , acumulación de H^+ y disminución del pH (Russell, 1987). Una vez que el pH intracelular es invertido, la monensina provoca la salida de H^+ , y la entrada de Na^+ . Como se mencionó anteriormente, estos mecanismos gastan energía

(ATP) para expulsar el exceso intracelular de H^+ , por lo que la energía disponible para el metabolismo y crecimiento bacteriano se reduce considerablemente (Russell, 1987). Los ionóforos, por lo tanto, modifican indirectamente el medio ambiente ruminal, como resultado de los cambios en el ecosistema.

3.3.- Alternativas a la monensina

Este siglo se inicia, a pesar de la opinión en contra de los sectores implicados con la producción, con una profunda revisión sobre las maneras en la alimentación animal. Las autoridades Europeas se cuestionan acerca de la conveniencia del uso de antibacterianos como promotores de crecimiento. Sin conocerse nunca su verdadero mecanismo de acción, se han emitido muchas hipótesis sobre por qué estos productos mejoran el rendimiento animal. En base a estas suposiciones surge la duda de si dicho efecto puede ser sustituido por terminados productos naturales.

Lleonart (2001) enumera los puntos que deben cumplir estos nuevos promotores no antibióticos:

- Mejorar los rendimientos y hacerlo de forma efectiva y económica.
- No tener aplicaciones terapéuticas en medicina humana o veterinaria.
- No crear resistencias cruzadas con antibióticos usados actualmente.
- No causar trastornos ni alterar la flora habitual del intestino.
- No ser absorbidos por el intestino.
- Carecer de efectos mutagénicos o carcinogénicos.
- No favorecer el desarrollo de bacterias potencialmente patógenas.
- Ser biodegradables.
- No ser tóxico.

En la nutrición de terneros los mejores resultados se han obtenido con lo prebióticos especialmente con las levaduras (*Sacharomyces ruminantum*) y los ácidos dicarboxílicos (málico y fumárico). Sin embargo, su escasa utilización a nivel comercial los hace económicamente poco rentables.

3.4.- Enfermedades metabólicas

De las enfermedades metabólicas en los rumiantes, las que afectan a los primeros divertículos del aparato gastrointestinal o sector gástrico anterior (retículo-rumen) son las que mayor importancia económica tienen. Stock et al. (1990) realizaron un estudio comparando cuatro dietas: dos a base de maíz aplastado con y sin forraje y otras con trigo aplastado con y sin forraje. Las dos dietas en las que la base fue el trigo provocaron acidosis subclínicas. El efecto de este estado acidótico provocó que estos terneros tuvieran un rendimiento de 9,40 dólares por ternero menor que los otros animales, asumiendo una reposición de 200 g/día menor que los grupos con dietas de maíz (cuadro 5).

Cuadro 5. Incidencia productiva y económica del tipo de grano y el contenido de forraje en terneros en cebo (Stock, et al 1990)

	Maíz aplastado		Trigo aplastado	
	0% Forraje	7,5% Forraje	0% Forraje	7,5% Forraje
Consumo diario:				
Dieta completa	9,61	11,02	8,91	9,43
Concentrado ^a	9,06	9,87	8,42	8,45
Ganancia diaria ^b	1,68	1,76	1,44	1,58
Alimento/ganancia	5,71	6,22	6,22	6,01
Costo/ganancia ^c	41,11	43,15	45,50	43,16

a. Incluye el grano, melaza y silo de maíz (multiplicado por 0,5).

b. Basado en el peso de la canal ajustado a una capa de grasa del 62%.

c. Costo de la ración 45 centavos de dólar.

Las indigestiones son conocidas según su clasificación nosogénica como se define en el cuadro 6.

Cuadro 6.- Enfermedades del retículo rumen (indigestiones) (Diksen, 1981)

Indigestiones primarias (Retículo y rumen primeramente dañados)	Trastornos motores. Enfermedad de la pared retículo ruminal. Trastornos de la función nerviosa. Impedimentos mecánicos del tránsito. Trastornos bioquímicos: <ul style="list-style-type: none"> • Con pH fisiológico • Con pH alto • Con pH bajo.
Indigestiones secundarias (Retículo y rumen dañados secundariamente).	Insuficiencia motora secundaria. Insuficiencia bioquímica simple de la ingesta. Hiperacidez clorhídrica de la ingesta ruminal

Como vemos en el cuadro 6, las indigestiones primarias se pueden dividir básicamente en cinco grupos, las indigestiones debidas inicialmente a modificaciones bioquímicas del contenido que se deben considerar como las primordiales y especialmente el síndrome acidótico. Las otras causas que se mencionan en la clasificación (cuadro 6) son

más bien consecuencias de este síndrome y no causas. Así las causas que actúan bien sea sobre la pared (por ejemplo la paraqueratosis), o la motilidad no van dirigidas a estas estructuras en concreto, y podrían afectar a otras formaciones epiteliales con que se encontraran como, por ejemplo, el epitelio omasal.

Existe un número casi indeterminado de circunstancias capaces de desencadenar una indigestión secundaria, aunque principalmente se producen a través de dos mecanismos: perturbaciones de la motilidad gástrica o por la hiporexia (pérdida parcial del apetito) que acompaña a las afecciones primarias. Así por ejemplo durante un proceso neumónico es frecuente encontrar animales con inapetencia, disminución de la motilidad ruminal y, a causa de la menor ingestión de alimento, una inactividad de los procesos digestivos. Además, debe incluirse como indigestión secundaria la hiperacidez clorhídrica del contenido ruminal, provocada por el reflujo de ácido clorhídrico del cuajar al rumen. Este fenómeno es más común en los animales jóvenes.

3.5.- Alcalosis

El contenido ruminal puede llegar al punto de la neutralidad en los periodos más alejados de las comidas y en momentos de ayuno muy prolongado se puede llegar incluso al pH de la saliva (superior a 8), aunque a esto no lo podemos considerar como una alcalosis. La denominación de alcalosis ruminal debe quedar reservada a aquellos estados patológicos en los cuales hay una alcalinización del contenido ruminal debida a un aumento de la concentración amoniaca. Bajo condiciones naturales cabe esperar un aumento del amoniaco luego del suministro de dietas ricas en proteína. Este estado sólo se observa en la intoxicación con urea, en el cual se liberan bruscamente cantidades extremadamente altas de amoniaco. En algunos momentos las praderas jóvenes muy ricas en nitritos pueden llegar a causar síntomas de alcalosis como: pérdida del apetito, disminución de la rumia, timpanismos y episodios nerviosos como calambres.

La alcalosis, debido a que su origen casi siempre es iatrogénico, es relativamente fácil de prevenir, sin embargo los casos agudos son difíciles de curar y hay que tener muy en cuenta que normalmente cursa con problemas nerviosos y daños hepáticos.

4.- ACIDOSIS

La prevalencia de los problemas de acidosis en los rumiantes en cebo intensivo está muy documentada, sin embargo es prácticamente imposible valorar su incidencia debido a que el principal problema es la acidosis subclínica. En general se valoran los signos externos como el timpanismo. El uso de raciones con elevados contenidos de cereales provoca: meteorismos agudos, crónicos, paraqueratosis ruminal, poliencfalomalacia, laminitis, abscesos hepáticos, etc., todos ellos problemas derivados de la bajada de pH del

retículo-rumen. Aunque está generalmente aceptado que es la reducción de la ingestión el problema más importante relacionado con la acidosis (Britton and Stock, 1987), sin embargo, a nuestro entender, los patrones muy irregulares de ingestión pueden ser los que predisponen a los terneros a sufrir acidosis, aunque también la acidosis subclínica provoca patrones irregulares de ingesta, por lo tanto de manera genérica es difícil valorar cuál es la causa y cuál el efecto, y se hace necesario particularizar en cada uno de los casos.

Como definición podríamos decir que la acidosis es un desarreglo bioquímico y fisiológico causado por la rápida producción y absorción de ácidos orgánicos y endotoxinas, cuando los animales consumen dietas muy altas en concentrados que contengan elevadas dosis de carbohidratos de fácil fermentación.

Los fenómenos de acidosis pueden ser agudos (pH inferior a 5,5) y latentes o subclínicos (pH inferior a 6,25); y sus principales consecuencias son:

- Interacción negativa en la digestión: se altera la digestibilidad de la fibra y disminuye el valor energético de los alimentos.
- Una disminución en la calidad de los productos finales: alteración de la coloración de la carne, deterioro de las vísceras y abscesos hepáticos.
- Comportamientos de “pica” y un aumento de la agresividad: es relativamente común ver en los cebaderos a los terneros comiendo tierra, esto debería tomarse la mayoría de las veces como un signo de acidosis aunque también puede ser deficiencia de fósforo.

Las acidosis subclínicas provocan o son el resultado de una irregularidad en la ingestión, alternándose días de ingesta muy alta con periodos muy largos en los que los animales prácticamente no consumen nada. Hay un considerable aumento de ingestión de agua y esto puede llegar a provocar parálisis ruminal y encharcamientos. Factores como el calor, el frío, el exceso de barro modifican los patrones de ingestión. Como ejemplo, antes de las tormentas hay un incremento brusco de ingesta (Stock and Britton, 1994) y esto a su vez modifica el pH ruminal.

4.1.- Componentes de la dieta relacionados con su capacidad acidogénica

Los fenómenos de acidosis están directamente relacionados con la fermentación de la materia orgánica ingerida (MOI) (Verite et al, 1987). Este proceso produce gas, AGV y a partir de las cadenas carbonadas de las proteínas y ATP se sintetiza la proteína de la masa microbiana. Se estima que a partir de 100 moles de C (que significan 2,5 kg de MOI) se forman 20 moles de materia orgánica microbiana, 20 moles de gas y 60 moles de AGV. Con estos datos podríamos calcular la cantidad de AGV sintetizados a partir de la materia

seca ingerida que sería 340 ± 72 g/kg de MSI, la variación esta dada por la cantidad de MOI que contenga la dieta.

Últimamente se han hecho muy buenas revisiones sobre este tema como la de Owens et al. (1998) y Sauvant et al. (1999). Estos últimos sitúan el pH ruminal normal en $6,35 \pm 0,03$ aunque sugieren un margen de 0,1 puntos, por lo tanto el pH ruminal durante el día debe estar en 6,25 lo que significa que el pH puede ser inferior a 6 sólo durante 4 horas al día. Es conveniente aclarar que el pH ruminal no es constante, fluctúa en función del tiempo transcurrido después de la última comida y a esto se le denomina pico postprandial. Que el pH ruminal disminuya por debajo de 6 como media diaria, constituye un parámetro irregular que depende de las características de la ración que a su vez modifican los parámetros de normales de NH_3 y la relación acético/propiónico.

Uno de los parámetros más estudiados y que siempre se ha relacionado con la bajada de pH es el incremento de ácidos grasos volátiles (AGV). Sauvant et al. (1999) juntaron los datos de varios artículos y elaboraron una ecuación de regresión para definir esta relación negativa:

$$\text{pH} = 720 - 0,009 (\text{AGV}) \quad (n=406, R^2=0,32)$$

Como se puede apreciar en la ecuación, la variación en AGV solo explica el 32% de los cambios de pH lo que nos indica que existen muchos otros factores que intervienen en la bajada de pH y que el aumento de AGV tiene un sistema de control muy eficiente. Al mezclar datos con mediciones de pH a diferentes tiempos postprandiales, éstas sufren variaciones muy importantes.

Aún falta investigación sobre el comportamiento de las diferentes partes de la MOI en relación a su capacidad acidogénica. Se conoce relativamente bien el papel de los glúcidos, que son el principal componente del contenido celular, y que en general tienen un gran potencial de fermentación y reducen el pH. Sin embargo, los otros componentes se conocen mucho menos, algunos se les considera poco importantes. En efecto, las grasas son hidrolizadas, pero los ácidos grasos libres tienen muy poca importancia en la acidogénesis de la ración. La implicación de los diferentes glúcidos en los procesos acidogénicos es muy variable. Los azúcares solubles y las pectinas se degradan rápidamente en menos de una hora y su presencia favorece la acidosis. En el lado contrario están los polisacáridos que componen la pared de los vegetales (celulosa y hemicelulosa) que se degradan lentamente, estos liberan los protones de una manera continua provocando una acidez baja pero continua del líquido ruminal. La participación del almidón en la acidogénesis ruminal depende de la cantidad en la dieta y tiene una especial importancia la velocidad de degradación independientemente del porcentaje. Sauvant et al. (1994) encontraron una relación directa entre la velocidad de digestión del almidón en el rumen y su bajada de pH. Esto confirma la necesidad de incluir en dietas con altos niveles de

almidón, porcentajes de éste que sea de lenta desaparición. Bacha (1991) trabajando con el método “in situ” y estudiando la velocidad de desaparición de la materia seca de los cereales, encontró que la mayor velocidad es para el triticales seguida por el trigo, la cebada, la avena, el centeno y el arroz y los más lentos fueron el maíz y el sorgo (cuadro 4). Lo que condujo a una degradabilidad media teórica muy alta (84,4% de media) para los 5 primeros cereales mientras que el maíz y el sorgo presentaron una degradabilidad del 53%.

Cuadro 7.- Comparación entre los cereales en su velocidad de degradación y degradabilidad teórica (Bacha, 1991)

Materia prima	Velocidad de degradación	Degradabilidad teórica %
Triticales	0,350	88,07
Trigo	0,302	90,08
Cebada	0,205	82,72
Avena	0,190	70,70
Centeno	0,115	89,21
Arroz	0,110	85,79
Maíz	0,058	58,35
Sorgo	0,040	47,47

La velocidad de degradación debería de ser uno de los factores a tener en cuenta a la hora de formular piensos para terneros en cebo intensivo, puesto que la ración total de estos animales puede alcanzar valores de más de un 35% de almidón sobre materia seca.

Siguiendo el sistema de trabajar con diferentes resultados, ya antes mencionado se hicieron regresiones para calcular el poder tampón del líquido ruminal (PT) encontrándose que los niveles de almidón y amoníaco son los que mejor lo definen.

$$PT = 0,15 - 0,11(\text{almidón, \%MS}) + 0,0014 (\text{NH}_3, \text{mg/l})$$

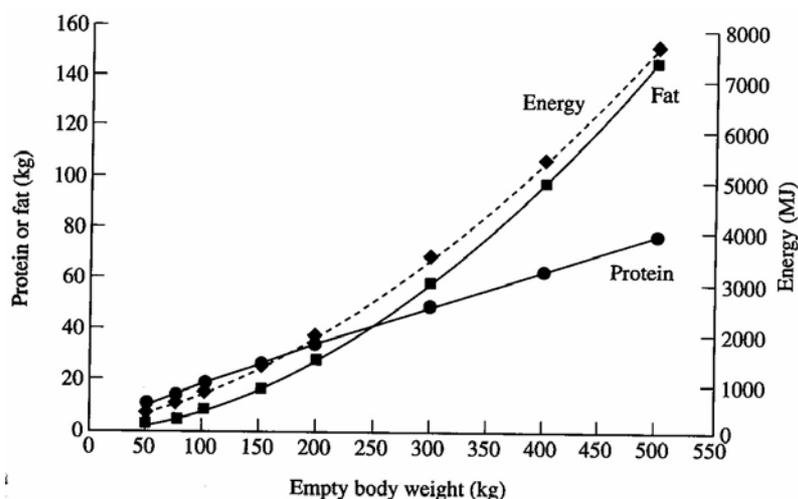
(n=120; R²=0,96; RSD=0,19).

Esto confirma que el almidón tiene un pobre poder tampón como consecuencia de su gran capacidad de fermentación. Mientras que la degradación de las proteínas favorecen la capacidad alcalinizante del líquido ruminal, debido a la liberación de iones carbonatos y NH₃. Por otra parte, las proteínas son capaces de liberar AGV pero la degradación va unida a la desaminación de las porciones nitrogenadas. Los dos procesos unidos liberan igualmente dos elementos neutralizantes, AGV y NH₃. Malestein et al. (1984) hicieron importantes estudios *in vitro* para averiguar el comportamiento acidogénico de los nutrientes, de los cuales se desprenden algunas de las conclusiones anteriores.

5.- RENDIMIENTOS PRODUCTIVOS

El peso al sacrificio tiene mucha influencia tanto en el índice de conversión como en la calidad de la canal. A medida que el peso de la canal aumenta los pesos de los constituyentes químicos de la misma también aumentan pero en distintas proporciones (McDonald et al., 1995). Por ejemplo, la grasa es la que aumenta en mayor proporción mientras que la proteína es la que lo hace en menor medida (figura 4). Así, a mayor peso de canal mayor porcentaje de grasa y, en consecuencia, peor índice de conversión.

Figura 13.- Crecimiento de proteína, grasa y energía en terneros (McDonald et al., 1995).



La composición de la canal también es distinta entre razas y sexos (cuadro 5). Ayala (1974), en su tesis, calculó que la raza frisona para un mismo sexo y peso de 300 kg depositaba menos grasa y más proteína en la canal que la raza Aberdeen-Angus. En este mismo trabajo se vio que las hembras, para un mismo peso de 300 kg, depositaban 1,5 veces más grasa que los machos enteros y menos proteína. De acuerdo con esto, los requerimientos nutricionales de proteína y energía en la dieta deberían ser distintos tanto por sexos como por razas.

Cuadro 8.- Diferencias entre razas y sexos en la composición de la canal en terneros de 300 kg (calculado a partir de los datos de la tesis de Ayala, 1974).

Componente	Raza	Sexo		
		macho	castrado	hembra
Proteína (g/kg)	Aberdeen-Angus	172	161	150
	Holstein	186	187	167
Grasa (g/kg)	Aberdeen-Angus	190	227	314
	Holstein	136	172	213

Revisando todos los resultados obtenidos en sus pruebas experimentales, el IRTA concluye que para los machos frisones en la fase de crecimiento (100 a 300 kg) la ganancia media diaria es de 1,2-1,4 kg/d y en la fase de acabado (300-420 kg) es de 1,2-1,3 kg/d. De acuerdo con el IRTA, podríamos decir que los machos frisones en condiciones intensivas normales y sacrificados al año de vida crecen aproximadamente 1.350 kg/día y tienen un índice de transformación de alrededor de 4.5 en el concentrado (cuadro 6).

Cuadro 9.- Crecimientos diarios, consumos e índice de transformación en las distintas etapas de los terneros en el sistema intensivo español (IRTA)

Intervalo pesos	gmd (kg/día)	cmd pienso (kg/día)	cmd paja (kg/día)	IC
100-300	1,2-1,4	5-6	0,3-0,6	3,9-4,6
300-420	1,2-1,3	7,5-8	0,8-1,8	3,9-4,6

Aún así estos parámetros pueden variar fácilmente según varían las condiciones de cebo, el tipo de animal, manejo, alimentación, etc.

6.- REFERENCIAS

- AYALA, H.J. (1974) *IRTA*. Barcelona.
- BACHA, F. (1991). *Tesis Doctoral ETSIA UPM, Madrid*.
- BAVERA, G.A., PEÑAFORT, C.H. (2005) *Curso de producción bovina de carne*, FAV-UNRC.
- BLAS, C., G. MATEOS, G. REBALLAR, P. (2003) *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (2º Edición)*.
- BEEF (1997). *November*, 115-132.
- BERG, R.T., WALTERS, L.E. (1983) *J. Anim. Sci.* 57. (Suppl.2) 133-146.
- BERGEN W.G. y BATES D.B. (1984) *J. Anim. Sci.* 58: 1465-1883.
- BOOTH, H.N., L.E. MCDONALD. 1988. *Veterinary Pharmacology and Therapeutics 6ª Edition*. Iowa State University Press/Ames.
- BOVIS (1995) *Diciembre* N° 67.
- BRITTON, R.A. AND R.A. STOCK. 1987. En: *Proc. Symposium of Feed Intake by Beef Cattle*. Oklahoma State University. MP 121:125.
- CALSAMIGLIA, S. (2003) *Fermentación ruminal en el vacuno de cebo*.
- CALSAMIGLIA, S., FERRET, A. (2002) *XVIII Curso FEDNA de especialización animal*.
- CANN, IKO., HOSHINO, S. (1993) *J. Appl. Bacteriol.* 74: 127-133.
- CHALMERS, M.L. y SYNGE R.L.M., (1954) *Adv. Prot. Chem.* 9, 93.

- CHENG, K.J., McCALLISTER, T.A., POPP, W.P. *J. Anim. Sci.* 76:299-308.
- CATALAN, O. (2004) *Mundo Ganadero*. 173.
- COLEGIO OFICIAL DE VETERINARIOS DE MADRID. (1999) *Información Veterinaria*. Octubre N° 207.
- DIRKSEN. G. 1981. Schnetztor-Verlag Gmbh.
- FAY, J.P., ESCUDER, C.J., DAVIES, P. (1992) *Producción Bovina de Carne*, Universidad Nacional de Rio Cuarto.
- FERRET, A. (2004) *Curso de Especialización Sobre Producción de Carne de Vacuno en Cebo Intensivo*.
- GALYEAN, M.L., WARNER, D.G. Y OWENS, F.N. (1981) *J. Dairy Sci.* 64, 1804.
- GUADA, J.A., (1993) *IX Curso FEDNA de especialización animal*.
- HEINRICHS. A.J., JONES C.M. (2003) *Colleges of Agricultural Science Pennsylvania State University*.
- HENDERSON, P.J.F., CHAMPPELL, J.B., (1969) *Biochem. J.* 11: 521-530.
- HERRERA-SALDAÑA, R., HUBER, J.T. y POORE, M.R. (1990) *J. Dairy Sci.* 73, 2386.
- HINMAN, D.D., y JOHNSON, R.R. (1974) *J. Anim. Sci.* 39, 417.
- HUNTINGTON, G. (1992). *Colegio de postgraduados*. México 1-13.
- LLEONART, F., (2001) *Ediporc* 56-63.
- MAJAK, W., McALLISTER, T.A. STANFORD, D. (2003) *Alberta Agricultural Food and Rural Development*.
- MAJAK, W., HALL, J.W. (1995) *J. Dairy Sci.* 73:1493-1498.
- MALESTEIN. A., J.A. VANT KLOOSTER., R.A. PAINS., G.M. CONNETTE. 1984. *Neth. J. Agric. Sci.*, 32, 9-16.
- MARTIN-TERESO, J., DOBLAS AGUILAR, A., TER WIJLEN, H. *Ganadería* 32.
- McDONALD, P., EDWARDS, R.A. (1995) *Animal Nutrition*.
- MIQUEL, A., (2000) *Producción de carne d ternero*. IRTA.
- MIRANDA, E. y DÍEZ, J.M. (2002) *Colegio de veterinarios de Madrid*.
- NEWBOLD, C.J., WALLACE R.J., WALKER, N.D., (1993b) *Appl. Environ. Microbiol.* 75: 129-134.
- NRC (1996) *Nutrient Requeriments of beef Cattle*.
- OWENS F.N., D.S. SECRIST., W.J. HILL., D.R. GILL. (1998) *J. Anim. Sci.* 76, 275-286.
- PHILIPPWAW, C., MARTIN, C., MICHALET-SOREAU, B. (1999) *J. Anim. Sci.* 77 :1587-1596.
- PINOS, J.M. y GONZÁLEZ S.S. (2000) *Interciencia*. Noviembre Vol. 25 N°8.
- RUSSELL, J.B. (1987) *J. Anim. Sci.* 64: 1519-1525.
- RUSSELL, J.B. y STROBEL H.J. (1989) *Appl. Environ. Microbiol.* 55: 1-6.
- SAUVANT. D., P. CHAPOUTOT., H. ARCHIMEDE. (1994) *INRA Prod. Anim.* 7, 115-124.
- SAUVANT. D., F. MESCHY., D. MERTENS. (1999) *INRA Prod. Anim.* 12, 49-60.
- SCHELLING, G.T. (1984). *J. Anim. Sci.* 58, 1518-1527.
- SIVELE, R. (2005) *Energy Metab. Proc. Symp.* 29, 91-104.
- STOCK. R., R. BRITTON. (1995). *J. Anim. Sci.* 76, 39-44.

- STOCK, R.A., M.H. SINDT., J.C. PARROTT., F.K. GOEDEKEN. (1990) *J. Anim. Sci.* 68: 290.
- TIO, C. (2002) *eawp.economistacoruna.org/archives/vol.1n3*.
- TRENKLE, H.A. y MARPLE, D.N. (1983) *J. Anim. Sci.* 57 (Suppl.2), 273-283.
- UNITAT DE REMUGENTS, IRTA. (2004) *Resum de Respostes Productives Obtingudes en Proves del IRTA*.
- VERMOREL, M., GEAY, Y., ROBELIN, J. (1982) *Energy Metab. Proc. Symp.* 29, 88-91.
- C. POCET. (1987) *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 70, 19-34.
- VERMOREL, M. (1995) *Nutrition des Ruminants Domestiques, INRA, París*. pp:649-670.

FEDNA