

## «ENERGIA DIGESTIBLE Y METABOLIZABLE DE LAS SEMILLAS DE LEGUMINOSAS PARA LOS OVIDOS»\*

Por José Antonio Guada Vallepuga

### INDICE

I. INTRODUCCION.—II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.—III. REVISION BIBLIOGRAFICA.—III.1. *Energía*.—III.1.1. Energía bruta.—III.1.2. Energía digestible.—III.1.3. Sistemas de valoración nutritiva basados en la energía digestible.—III.1.4. Energía metabolizable.—III.1.5. Sistemas de valoración nutritiva basados en la energía metabolizable.—III.1.6. Energía neta.—III.1.7. Sistemas de valoración nutritiva basados en la energía neta.—III.2. *Valor energético de las semillas de leguminosas*.—III.2.1. El problema taxonómico y las equivalencias, lingüísticas.—III.2.2. Valores obtenidos experimentalmente.—III.2.3. Valores calculados.—IV. PLANTEAMIENTO EXPERIMENTAL.—V. MATERIALES.—V.1. Alimentos.—V.2. Animales.—V.3. Jaulas metabólicas.—V.4. Sistemas de colección de heces y orina.—V.5. Bomba calorimétrica.—VI. METODOS.—VI. 1. *Métodos biológicos*.—VI.1.1. Pruebas experimentales.—VI.1.2. Raciones experimentales.—VI.1.3. Colección de heces.—VI.1.4. Colección de orina.—VI.2. *Métodos analíticos*.—VI.2.1. Determinaciones químicas.—VI.2.2. Determinaciones calorimétricas en alimentos y heces.—VI.2.3. Liofilización de la orina.—VI.2.4. Determinaciones calorimétricas en orina.—VI.2.5. Cálculo de las pérdidas energéticas en forma de metano.—VII. RESULTADOS Y DISCUSION.—VII.1. Proporción óptima de semillas en la ración total para los fines perseguidos.—VII.2. Composición química.—VII.3. Contenido en energía bruta.—VII.4. Contenido en energía digestible.—VII.5. Contenido en energía metabolizable.—VII.6. Pérdidas energéticas en orina y gases.—VII.7. Consideraciones sobre los balances de nitrógeno.—VII.8. Aspectos aplicativos.—VIII. CONCLUSIONES.—IX. RESUMEN.—X. BIBLIOGRAFIA.—XI APENDICE.

### I. INTRODUCCION

Según el Censo ganadero de septiembre de 1971<sup>90</sup> España cuenta con un total de 4.169.000 cabezas de ganado vacuno y 16.668.000 de ganado ovino, que han producido durante el año 1971 un total de 3.750,2 millones de litros de leche y 447.800

\* El autor de esta Tesis ha sido Becario del Plan de Formación de Personal Investigador durante los tres años que ha requerido la preparación de la misma.

Tm. de carne. Producción insuficiente para cubrir las necesidades en constante aumento de un país cuyo consumo de proteína de origen animal es, a pesar de haber experimentado un espectacular aumento en los últimos años, considerablemente inferior a la media de Europa Occidental, según estudios de la O.C.D.E.<sup>107</sup>

El aumento de la productividad de nuestro ganado vacuno y ovino es fundamental para la economía del país, considerándose como uno de los objetivos fundamentales a seguir en la política de ordenación productiva del III Plan de Desarrollo Económico y Social.<sup>114</sup>

Uno de los factores más importantes a considerar en el incremento de producción de estas especies es su alimentación. Solamente podremos obtener niveles de producción óptimos, suministrando una dieta equilibrada que cubra adecuadamente todas las necesidades nutritivas de los animales durante el ciclo productivo.

En el caso de los rumiantes una alimentación exclusiva a base de forrajes es insuficiente para sostener los elevados niveles de producción exigidos en la actualidad, haciéndose necesario suplementar la dieta con alimentos concentrados.

La producción de leguminosas alcanza en nuestro país una gran importancia, encontrándose España entre los principales países productores. De las 2.782.000 Tm. de leguminosas producidas en 1968 en la Europa perteneciente a la O.C.D.E., 694.000 Tm. fueron producidas en España que se situaba a la cabeza de esta producción. En 1971 se han dedicado en España 391.000 Ha. al cultivo de leguminosas pienso, con una producción de 3.152.000 Qm. dedicados exclusivamente a la alimentación animal,<sup>91</sup> producción que, junto con la de cereales pienso, el III Plan de Desarrollo considera aconsejable potenciar.<sup>114</sup>

El correcto empleo de estas semillas de leguminosas en las raciones del ganado es de un gran interés económico y solamente a través de un exacto conocimiento de su composición y valor nutritivo, podrá conseguirse una utilización óptima de estos alimentos.

Las semillas de leguminosas son utilizadas en la alimentación de los rumiantes como alimentos concentrados que aportan una considerable cantidad de energía, unido a una importante proporción de proteína.

Sobre el contenido en calidad de la proteína de estas semillas de leguminosas se encuentran varios estudios en la literatura, algunos de ellos realizados sobre leguminosas españolas (<sup>10 11 43 108 120 122</sup>). Sin embargo, la información de que se dispone tanto en la bibliografía española como en la mundial respecto a su valor energético es más limitada, dándose incluso el caso de que para algunas de ellas no nos ha sido posible encontrar ningún dato experimental en la bibliografía consultada.

No es necesario poner de relieve la importancia que supone el disponer de datos experimentales sobre el valor nutritivo de estos alimentos, para poder efectuar un racionamiento adecuado del ganado y obtener el máximo rendimiento de la producción de leguminosas pienso.

Por ello hemos planteado el presente trabajo experimental con el objeto de rea-

lizar un estudio sistemático del valor nutritivo, desde el punto de vista energético, de aquellas semillas de leguminosas más comúnmente empleadas en la alimentación de los rumiantes.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El conocimiento del valor nutritivo de un alimento supone la estimación de los nutrientes que dicho alimento es capaz de proporcionar a los animales. El punto de partida en la valoración nutritiva es la determinación de los principios nutritivos brutos de un alimento, es decir, proteínas, hidratos de carbono, y grasas.

El destino de los nutrientes, una vez asimilados, puede servir a una doble finalidad: la de proporcionar la energía necesaria para todas las funciones que sean productivas o no y por otra parte servir como elementos plásticos que se integran en las estructuras orgánicas. Casi todos los alimentos tienen esta doble característica, por lo tanto la determinación de la energía química que son capaces de proporcionar al organismo animal es un elemento esencial en su valoración nutritiva.

Sin embargo es necesario reconocer que la mayoría de las producciones animales tienen como base la síntesis proteica, bien sea en el caso del crecimiento de los animales jóvenes para producción cárnica, de la producción de lana o de leche. Por ello el suministro de aminoácidos y nitrógeno en formas menos específicas, constituye un importante índice para la valoración de los alimentos animales.

La valoración energética y proteica de un alimento constituyen, pues, los pilares básicos de su valoración nutritiva, complementada con la información acerca del aporte de minerales y vitaminas.

En el caso de los rumiantes, la proteína proporcionada por un alimento sufre una importante alteración en el rumen por la acción de los microorganismos, que son capaces de hidrolizar y desaminar la proteína de la dieta y sintetizar una nueva proteína microbiana de alto valor biológico. De tal forma que la proporción de aminoácidos que el rumiante va a tener a su disposición, después de la fermentación ruminal, no guarda una estrecha relación con la calidad de la proteína del alimento ingerido, sino más bien depende de la eficiencia de síntesis de proteína que, en definitiva, viene determinada por la presencia de una fuente de energía fácilmente utilizable por los microorganismos.

Esto, unido al hecho de que la deficiencia de un aminoácido específico sea altamente improbable, debido a que la microflora ruminal tiene la capacidad de sintetizar todos los aminoácidos esenciales, da lugar a que, en el caso de los rumiantes, se otorgue una gran prioridad al aporte energético de la ración y sea considerada la valoración energética de un alimento como la información más significativa de su valor nutritivo.

En la valoración energética de un alimento, intentamos realizar una estimación lo más exacta posible de la energía que será realmente útil al animal. En el proceso de esta estimación vamos operando a diversos niveles, que se corresponden



con los conceptos de energía bruta, energía digestible, energía metabolizable y energía neta.

La energía bruta es la más sencilla de determinar, pero también la de menor significación práctica, ya que no tiene en cuenta ninguna de las pérdidas energéticas que sufrirá el alimento durante los procesos de digestión y metabolismo. La energía neta representa sin embargo la estimación más adecuada de la energía verdaderamente útil al animal a efectos prácticos de producción, pero es también la más complicada y laboriosa de determinar, pues además de que es necesario disponer de unas costosas instalaciones para su estimación, lo que en muchos casos haría difícil su determinación, también es sabido que los valores de energía neta no son constantes, sino que varían con la naturaleza de la ración y de acuerdo con el fin productivo para el que el animal utiliza la energía de la dieta.

Todo ello da lugar a que la energía digestible y metabolizable se consideren, en el momento presente, como las formas de expresión del valor energético más aconsejables.

Por ello consideramos como una necesidad urgente el disponer de datos experimentales acerca del contenido en las dos formas de energía citadas, de aquellos alimentos normalmente empleados en la alimentación de nuestros animales rumiantes. De esta forma podremos conocer el valor nutritivo de nuestros alimentos y así aprovechar, en la alimentación del ganado, nuestros recursos más racionalmente.

### III REVISION BIBLIOGRAFICA

#### III.1. ENERGIA.

Los animales obtienen la energía necesaria para su mantenimiento y para las diversas funciones productivas de los alimentos, cuyo fin primordial es el aporte de energía útil para el animal.

Además de energía, los animales necesitan que la dieta les proporcione aquellos aminoácidos que el organismo no puede sintetizar o no es capaz de sintetizar al ritmo que exige el normal desarrollo de las funciones fisiológicas. Igualmente es necesario el aporte de diversos elementos minerales y de ciertas sustancias muy específicas como las vitaminas. Sin embargo, desde un punto de vista puramente nutritivo, podemos considerar a las necesidades energéticas como primordiales, ya que las necesidades que el organismo tiene de casi todos los demás nutrientes específicos están en relación con el aporte de energía, al estar ligados la mayoría de estos nutrientes a los procesos de transformación de la energía en el interior de la célula.<sup>21</sup>

También hemos de tener en cuenta que el contenido energético de una ración es la característica que tiene repercusión más directa sobre la producción animal, no solamente porque los nutrientes energéticos son los que se encuentran en mayor cantidad, sino también por la intensidad con que las diversas producciones responden a cambios en el aporte de energía. Las variaciones en el aporte energético se traducen siempre en incrementos o disminuciones de la producción, pudiéndose considerar realmente al nivel energético como el regulador de la producción animal.<sup>89</sup>

La energía como tal, es una abstracción y no puede ser medida directamente como tal energía, sino solamente a partir de las transformaciones de una de sus formas de manifestación a otras. Por ejemplo, una forma de medir la energía química es a partir de su transformación en calor mediante la combustión.<sup>82</sup> El contenido energético de un alimento vendrá representado entonces, por la energía química potencial que se libera en forma de calor mediante la com-

bustión completa del alimento,<sup>134</sup> por lo que generalmente se emplean las calorías como unidades para expresar el contenido energético de los alimentos.

La caloría es definida como la cantidad de calor necesaria para elevar 1° C. la temperatura de 1 gr. de agua entre 14,5 y 15,5° C. o más exactamente expresada en julios, la unidad internacional de trabajo y energía, como equivalente a 4,185 julios internacionales. Al ser la caloría una unidad relativamente pequeña, es más común en los estudios de nutrición animal el uso de la Kilocaloría (Kcal.), equivalente a 1.000 calorías y de la Megacaloría (Mcal.) o Therm, equivalente a 1.000 Kilocalorías.

En algunos países de habla inglesa el calor es también medido en unidades B.T.U., (Brithis Thermal Units). Un B.T.U. es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una libra de agua en un grado Fahrenheit y equivale a 252 calorías.<sup>80</sup>

#### III.1.1. Energía bruta.

La cantidad de calor que resulta de la combustión completa de una unidad de peso de un alimento, es conocida como calor de combustión o energía bruta de dicho alimento.

La energía bruta o calor de combustión es medida generalmente en una bomba calorimétrica, mediante la combustión de una muestra del alimento de peso conocido y a una presión de oxígeno de 25 atmósferas, en un recipiente de metal sumergido en agua. El calor producido es calculado a partir de la elevación de la temperatura del agua, teniendo en cuenta la capacidad calórica del agua y del recipiente.

El calor de combustión de un alimento depende, en definitiva, de su contenido en principios inmediatos y de los calores de combustión de estos principios nutritivos.

El calor de combustión de las grasas, según los valores medios obtenidos por ATWATER y BRYANT,<sup>8</sup> es de 9,40 Kcal./gr., aproximadamente el doble que el de los hidratos de carbono (4,15 Kcal./gr.), mientras que las proteínas ocupan una posición intermedia (5,65 Kcal./gr.). Estas diferencias dependen de las proporciones de hidrógeno, oxígeno y carbono que contengan sus moléculas. Así en los hidratos de carbono el calor liberado equivale solamente al de la oxidación del C, pues la molécula tiene H y O en la relación adecuada para formar agua. Sin embargo en el caso de las grasas se necesita oxígeno para oxidar no sólo el carbono sino también parte del hidrógeno de la molécula. En el caso de las proteínas se oxida también el carbono e hidrógeno, pero el nitrógeno queda libre y por lo tanto no produce calor.

El hecho de que existan estas diferencias en el calor de combustión de los principios inmediatos explica las variaciones existentes en el contenido en energía bruta de los distintos alimentos, aunque generalmente y debido a la preponderancia de los hidratos de carbono en relación a los demás principios inmediatos, no existen grandes diferencias en el calor de combustión de la mayoría de los alimentos empleados en la alimentación de los animales. Solamente aquellos alimentos con un alto contenido de grasa presentan valores de combustión más altos, pero normalmente se puede considerar que el contenido en energía bruta oscila entre 4,2 y 4,5 Kcal./gr.<sup>83 93 97.</sup>

La composición en principios nutritivos podría ser usada para calcular el calor de combustión de un alimento, sin necesidad de recurrir a su determinación en la bomba calorimétrica, multiplicando sencillamente su contenido en principios inmediatos por los respectivos calores medios de combustión de ATWATER y BRYANT.<sup>8</sup> No obstante DE VUYST y VANBELLE,<sup>44</sup> SIDHU y MAHADEVAN<sup>129</sup> encuentran que, para los alimentos más comunes, los valores de energía bruta, calculados con los coeficientes medios clásicos, son siempre inferiores a los determinados con bomba calorimétrica. DE VUYST y VANBELLE<sup>44</sup> hallan unos coeficientes de regresión para la proteína, celulosa, grasa e hidratos de carbono que les permiten calcular la energía bruta con un error de un  $\pm 3\%$  solamente.

NEHRING y col.,<sup>101</sup> trabajando con concentrados, encuentran unos coeficientes de regresión para calcular la energía bruta a partir de la composición química del alimento, que se corresponden mejor con los calores de combustión de ATWATER.

La valoración energética más sencilla de un alimento es, por supuesto, la determinación de su energía bruta; pero prácticamente esta determinación no es de gran valor, debido a que guarda poca relación con la energía verdaderamente útil al animal, al no tener en cuenta las



pérdidas energéticas que el alimento sufrirá en los procesos de digestión y metabolismo. Por ello, aunque se puede considerar a la energía bruta como el punto de partida en la determinación del valor energético, su conocimiento en la práctica no es realmente importante.

### III.1.2. Energía digestible.

La primera transformación que sufren los alimentos en el organismo tiene lugar durante el proceso de la digestión. El animal no es capaz de aprovechar toda la energía bruta ingerida, sino que parte de ella se pierde durante dicho proceso y aparece en las heces.

Las pérdidas energéticas en las heces, además de representar conceptualmente la primera sustracción a efectuar a la energía bruta de un alimento, son al mismo tiempo las más importantes y variables pérdidas que tendrán lugar en el proceso de asimilación. Por ello, el concepto de energía digestible, que toma ya en consideración la energía perdida en las heces, además de representar el segundo paso en la valoración energética de los alimentos, es también una medida muy importante de la energía que será útil al animal.

La energía digestible de un alimento se obtiene sustrayendo de la energía bruta ingerida por el animal el calor de combustión de las heces que provienen de dicho alimento.

En el cálculo de la energía digestible, se supone que toda la energía presente en las heces, representa la fracción indigestible del alimento y por lo tanto la energía digestible corresponde a la fracción digestible; pero, sin embargo, en las heces, además de los residuos indigestibles del alimento, se encuentran una serie de productos metabólicos y de descamación de la pared intestinal. Esto da lugar a que la energía digestible subestime la cantidad real de energía absorbida en el intestino, y que, por ello, se califique de energía digestible, aparente a la hallada sustrayendo de la energía bruta el valor energético de las heces, mientras que se reserva el término de energía digestible real o verdadera para cuando, en los cálculos, se descuenta de la energía fecal la fracción de origen endógeno. Sin embargo, debido a las grandes dificultades en medir esta fracción metabólica, normalmente la energía digestible viene expresada en forma de energía digestible aparente.

Lo anteriormente indicado, unido al hecho de que en el cálculo de la energía digestible tampoco se tengan en cuenta las pérdidas de metano y calor, que se producen en los procesos fermentativos de la digestión, da lugar a que la energía digestible sea considerada solamente como un valor convencional, pero no real, de la energía verdaderamente absorbida.

Sin embargo, la elevada cantidad de datos experimentales disponibles sobre digestibilidad de una variada gama de alimentos, la gran consistencia y repetibilidad de estos datos, y el hecho de que en la energía digestible se tenga ya en cuenta un factor tan importante como son las pérdidas fecales de energía, ponen de manifiesto la gran importancia de esta medida en la valoración energética de los alimentos. De hecho, la mayoría de los sistemas de valoración nutritiva han usado los coeficientes de digestibilidad, como un primer paso básico, en sus cálculos del valor nutritivo de los alimentos.

La determinación de la energía digestible se realiza mediante una sencilla prueba biológica, en la cual se tienen en cuenta la cantidad de alimentos ingeridos y las heces eliminadas. Se determina el calor de combustión del alimento y de las heces; la diferencia existente entre la energía ingerida y excretada nos indica la energía digestible del alimento en cuestión.

Han sido estudiados muchos factores en relación con la digestibilidad: especie, raza y estado fisiológico de los animales, forma física de los alimentos y frecuencia y nivel de ingestión de la ración. Aunque no todos los experimentos coinciden en los mismos resultados, parece ser que el plano de nutrición o nivel de ingestión es el factor que de una manera más constante afecta a la digestibilidad.

En lo que se refiere a los animales rumiantes, la especie y la raza no parecen afectar a la digestibilidad. ALEXANDER y col.<sup>3</sup> BARSAL y TALAPATRA,<sup>13</sup> JENTSCH y col.<sup>72</sup> y SCHIEMANN y col.<sup>125</sup> comparan la digestibilidad en ovejas, novillos y vacas consumiendo diferentes raciones y no encuentran prácticamente diferencias significativas en los coeficientes de digestibilidad de ambas especies. STEYN y col.<sup>131</sup> en pruebas con cuatro razas de ovejas, tampoco encuentran diferencias, y JONES y col.<sup>76</sup> observan digestibilidades similares en ovejas y cabras.

CLAPPERTON<sup>35</sup> no observó variación en la digestibilidad de la energía y de la proteína en

ovejas, en ejercicio o en reposo. GRAHAM<sup>61</sup> tampoco encontró variaciones en la digestibilidad de la ración en ovejas en lactación y en gestación, aunque FLATT y col.<sup>55</sup> trabajando con vacas en gestación, apreciaron una tendencia significativa a disminuir la digestibilidad en los períodos de gestación más avanzados.

Sobre la influencia que la forma física o procesos de preparación de los alimentos tienen sobre la digestibilidad se han realizado numerosas experiencias, cuyos resultados no son completamente concordantes. BLAXTER y col.<sup>18</sup> encontraron que el heno finalmente molido es peor digerido que el heno groseramente molido, debido a una mayor rapidez de paso por el tracto digestivo. MINSON,<sup>92</sup> después de realizar una minuciosa revisión sobre este tema, llegó también a la conclusión de que la digestibilidad de la energía es inferior en los henos molidos y granulados que en los henos en forma larga o troceados, aunque, según las observaciones de KROMANN y MEYER<sup>84</sup> y JOHNSON y col.,<sup>73</sup> esta variación no es regular, sino que disminuye al aumentar la proporción de concentrados en la ración.

Sin embargo, WRIGHT y col.<sup>144</sup> PALADINES y col.,<sup>111</sup> y más tarde GARDNER y AKBAR,<sup>57</sup> PIATROSKI y KORIATH<sup>113</sup> y BOZHINOVA y ZHELYAZKOV<sup>29</sup> no apreciaron diferencia en la digestibilidad de la energía, materia orgánica o sustancia seca, entre henos granulados y troceados.

Experimentos realizados recientemente por THOMSON y col.<sup>136</sup> y BEEVER y col.,<sup>17</sup> señalan también que los procesos de molienda y granulado del forraje no influyen marcadamente en la digestibilidad total de la energía, pero que sin embargo dichos procesos alteran la topografía de la digestión en lo que se refiere a la materia orgánica, los carbohidratos y la energía de la ración, de tal forma que, en las dietas molidas y granuladas, disminuye la intensidad de la digestión en el rumen, pero aumenta la digestión intestinal.

CAMPBELL y MERILAN<sup>33</sup> indican que, al aumentar la frecuencia de ingestión, se observa un ligero incremento de la digestibilidad, pero sin embargo GRAHAM,<sup>63</sup> aunque sí encuentra un apreciable incremento en la digestibilidad de los componentes de la pared celular al aumentar la frecuencia de ingestión, aprecia muy poca variación en la digestibilidad del contenido celular.

Acerca de la influencia del nivel de ingestión sobre la digestibilidad, la opinión comúnmente aceptada en nutrición animal es la de que el nivel de ingestión afecta a la digestibilidad en el sentido de que, al aumentar el primero, también se eleva el porcentaje de energía bruta que se pierde en las heces. Este hecho ha sido comprobado en numerosos experimentos, algunos de ellos muy recientes, <sup>7 18 32 38 72 95 111 131</sup>. A pesar de ello, WIKTORSSON<sup>143</sup> considera que no hay razón para suponer una más baja digestibilidad a altos niveles de ingestión, si se deja el tiempo suficiente para que los animales se adapten a la ración, pero esto no deja de ser una opinión aislada. BLAXTER,<sup>26</sup> estudiando el conjunto de datos recogidos a través de 53 experimentos, encuentra también depresión en la digestibilidad al aumentar el nivel de ingestión, y señala que esta disminución varía con el tipo de ración, siendo generalmente mayor para aquellos alimentos más pobres. Basándose en los datos recogidos, establece una regresión entre la variación en la digestibilidad al aumentar el nivel de ingestión, y señala que esta disminución varía con el tipo de ración, siendo generalmente mayor para aquellos alimentos más pobres. Basándose en los datos recogidos, establece una regresión entre la variación en la digestibilidad al elevar el nivel de ingestión y la digestibilidad de la dieta.

Aunque la determinación de la energía digestible supone siempre la realización de una prueba biológica, el hecho de que exista una estrecha relación entre la digestibilidad de la energía y la digestibilidad de la materia seca y orgánica, ha dado lugar a que se hayan elaborado ecuaciones de regresión que facilitan, con bastante precisión, estimar el contenido en energía digestible de los alimentos a partir de la digestibilidad de la materia seca<sup>6</sup> y a partir del contenido en materia orgánica digestible.<sup>68 117</sup> Basándose en los principios digestibles, NEHRING y col.<sup>101</sup> obtienen ecuaciones de regresión para el cálculo de la energía digestible en concentrados y con cinco especies animales.

También existe una estrecha relación entre la digestibilidad de la energía y el contenido de fibra de la ración. Aprovechando esta interrelación y apoyándose en los datos reunidos por SCHNEIDER<sup>126</sup> en «Feeds of the World», GLOVER y col.<sup>58</sup> elaboran ecuaciones que les permiten estimar el contenido en energía digestible, a partir del conocimiento de la proteína bruta y fibra



bruta, en los alimentos más comúnmente empleados en la alimentación de los rumiantes. Más recientemente, VAN SOEST<sup>141</sup> presenta un sistema aditivo para estimar la digestibilidad de la materia seca a partir del análisis de lignina y constituyentes de la pared celular, por el método de la fibra ácido detergente.

Debido a que muchos de los datos aportados por la bibliografía, sobre el valor nutritivo de los alimentos, se encuentran expresados en forma de T.D.N., se buscaron factores que permitieran calcular la energía digestible a partir del T.D.N. En Principio se multiplicó el valor T.D.N. por el factor 4 para calcular las calorías de energía digestible, ya que se suponía que el T.D.N. reducía los nutrientes digestibles a una base común de equivalentes en carbohidratos, pero más tarde SCHNEIDER<sup>127</sup> comparando los valores T.D.N. y energía digestible procedentes de una compilación de 497 experimentos, llegó a la conclusión de que este factor de conversión no era adecuado y encontró una relación de 4,38 Kcal. de energía digestible por gr. de T.D.N.

En 1957 SWIFT<sup>134</sup> después de un estudio de los valores T.D.N. y energía digestible obtenidos experimentalmente con 312 alimentos, sugiere el empleo del factor 4,41 Kcal./gr. para convertir los valores T.D.N. en energía digestible. Este factor ha sido adoptado por el National Research Council (N.R.C.),<sup>99</sup> en sus publicaciones sobre necesidades nutritivas de los animales domésticos, para calcular los valores de energía digestible a partir del T.D.N., en el caso de no existir información experimental.

Más recientemente, HEANEY y PIDGEN<sup>68</sup> obtienen una ecuación de regresión relacionando energía digestible y T.D.N., y, comparando los valores de energía digestible obtenidos experimentalmente con los calculados mediante el factor propuesto por SWIFT y la ecuación obtenida por ellos, encuentran que el valor de la energía digestible se subestima cuando el factor de conversión de SWIFT se aplica a forrajes conteniendo altas cantidades de TDN, siendo estas discrepancias menores cuando se trata de heno de calidad media. Sin embargo, con la ecuación propuesta es factible obtener valores aceptables de energía digestible para una amplia gama de forrajes.

### III. 1.3. Sistemas de valoración basados en la Energía digestible.

El único sistema de valoración energética basado en la energía digestible, que ha sido ampliamente llevado a la práctica, es el sistema americano T.D.N. (Total Digestible Nutrients).

Aunque las primeras pruebas de digestibilidad fueron realizadas en 1860 por HENNEBERG y STOHMAN en la Estación Experimental de Weende, fue WOLF quien, recopilando la información disponible, estableció unas normas alimenticias basadas en los nutrientes digestibles que, al ser más tarde revisadas por LEHMANN, llegaron a ser conocidas como normas alimenticias de WOLF y LEHMANN, pudiendo considerarse a este sistema como el verdadero predecesor del T.D.N.<sup>137</sup>

WOLF y LEHMANN tomaban como base en su valoración los carbohidratos y tenían en cuenta el mayor valor energético de la grasa digestible, multiplicando ésta por el factor 2,4 y obteniendo de esta forma los llamados equivalentes de hidratos de carbono, pero considerando aparte la proteína digestible. Cuando el sistema se introdujo en los Estados Unidos, por mediación de ATWATER y ARMSBY, el factor 2,4 fue sustituido por el de 2,25, de acuerdo con los valores de combustión de ATWATER. Más tarde la proteína digestible fue añadida directamente a la suma de hidratos de carbono digestibles más la grasa digestible multiplicada por 2,25, con lo que quedaba definido el sistema T.D.N., cuyo uso permaneció relegado después casi exclusivamente a los Estados Unidos.

MAYNARD y LOOSLI<sup>88</sup> y ABRAMS<sup>1</sup> han criticado ampliamente el T.D.N., señalando que no es una valoración real de los nutrientes digestibles, pues descuentan indirectamente las pérdidas energéticas de la orina, lo que le sitúa más cerca del concepto de energía metabolizable que del de energía digestible, en el caso de los animales no rumiantes. Dichos autores sostienen que ya que una unidad de proteína, desde un punto de vista energético, es equivalente a 1,73 unidades de carbohidrato, al añadir la proteína a los demás principios digestibles habría que multiplicarla por este factor, de la misma forma que la grasa digestible se multiplica por 2,25. Con esto situaríamos todos los principios digestibles en unas bases energéticas comunes, tomando como base a los hidratos de carbono. Sin embargo, en el cálculo del T.D.N. una unidad de

proteína se equipara con una unidad de carbohidrato, lo que significa que implícitamente se están descontando las pérdidas que sufre la proteína en la orina, de la misma forma que ATWATER hace en el cálculo de sus calores de combustión.

Aunque los defensores del sistema T.D.N. ensalzan la sencillez del método y los buenos resultados que ha dado en la práctica, sin embargo, es muy criticable la utilidad de los valores T.D.N. como medida del valor energético de los alimentos.

Según SCHNEIDER<sup>127</sup>, el sistema T.D.N. intenta valorar más bien lo que los alimentos contienen que lo que producen. Dicho autor tacha también a este sistema el no medir todas las pérdidas que sufre la energía en el organismo y, sobre todo, considera que falta a uno de los principales criterios de una unidad de medida, al no tener el T.D.N. el mismo valor según se trate de alimentos concentrados o groseros.

BLAXTER<sup>22</sup> critica el sistema T.D.N. por considerarlo incorrecto, pues asigna valores nutritivos constantes a los alimentos, independientemente del tipo de ración en que van incorporados, del nivel de ingestión y de la función o funciones a que van a ser destinados. MOORE y col.<sup>96</sup> y más tarde KANE<sup>77</sup>, KAISHIO y col.<sup>76</sup> llegan a la conclusión de que este sistema sobrevalora a los alimentos groseros respecto a los concentrados, pues, comparando series de valores de energía neta con los correspondientes contenidos en T.D.N., en una amplia serie de alimentos, observan que no existe una relación constante, sino que por un gramo de T.D.N. la energía neta es mayor en los concentrados que en los forrajes.

El sistema T.D.N. asigna a cada alimento un valor constante, independientemente de la naturaleza del alimento, de la composición de la ración y de la función productiva, lo que implica presuponer que la cantidad administrada de T.D.N. originará una respuesta productiva constante. Este concepto es insostenible, puesto que las energías digestible o metabolizable de los alimentos no son utilizadas con una eficiencia constante, sino que ésta varía en relación con las variables anteriormente citadas,<sup>26 54 102</sup>.

### III. 1.4. Energía metabolizable.

Si queremos determinar el porcentaje de energía aportada por los alimentos que va a ser útil al animal, además de las pérdidas fecales habrá que tener en cuenta también las pérdidas sufridas en la orina, debido al contenido energético de productos que se excretan procedentes de la oxidación sufrida por las proteínas en el organismo.

En el caso de los rumiantes, se producen durante la fermentación ruminal considerable cantidad de gases combustibles, esencialmente metano, cuyo valor energético representa también una importante pérdida a considerar en la valoración de un alimento como fuente de energía para el animal.

Si de la energía bruta de un alimento descontamos, además de las pérdidas fecales, la energía perdida en forma de orina y metano obtenemos la energía metabolizable que, como un paso más en la valoración nutritiva, se ha pensado que representa ya la fracción de energía bruta que es capaz de incorporarse al metabolismo para sufrir los diversos procesos de transformación. Sin embargo, la energía metabolizable no es más que una aproximación mayor, puesto que su definición no toma en consideración la presencia de productos metabólicos en las heces, ni las pérdidas que en forma de calor se producen durante los procesos fermentativos de la digestión, que en el caso de los rumiantes son dignas de consideración, ni tampoco la presencia de productos de origen endógeno en la orina.

BLAXTER<sup>21</sup> define el concepto de *energía metabolizada corregida* como la energía metabolizable menos el calor de fermentación y, de acuerdo con los trabajos de MARSTON, calcula el calor de fermentación en un 80 % aproximadamente del calor de combustión del metano formado. Sin embargo, como el calor producido durante la fermentación es difícil de calcular, pues se determina conjuntamente por la producción total de calor, normalmente se incluye como una parte del incremento térmico,<sup>88</sup> quedando así la energía metabolizable libre de esta corrección.

Las pérdidas fecales son las más importantes y variables de las tres pérdidas energéticas consideradas en la determinación de la energía metabolizable y, por lo tanto, son las que de una manera más decisiva van a influir en el valor de la energía metabolizable de un alimento. Esto



da lugar a que todos los factores que afecten a las pérdidas fecales y, por lo tanto a la digestibilidad de la energía, puedan dar lugar a variaciones también en el valor de la energía metabolizable, aunque en este caso hay que tener en cuenta además su influencia en las pérdidas energéticas de orina y metano.

Entre los factores revisados en el capítulo anterior, encontramos que el nivel de ingestión parece ser el que, de una manera más constante y significativa, influye en las pérdidas fecales, haciendo disminuir la digestibilidad de la energía. Sería de esperar, por consiguiente, que los valores de energía metabolizable se vean también disminuidos al aumentar el nivel de ingestión. Sin embargo se ha comprobado que, al aumentar el nivel de ingestión, generalmente el porcentaje de energía bruta que es eliminada en forma de orina y metano disminuye <sup>14 24 25 35 54 72 111</sup>, de tal forma que la disminución en estas pérdidas frecuentemente compensa el aumento de las pérdidas fecales, con lo que resulta que la energía metabolizable se encuentra menos afectada por el nivel de ingestión que la energía digestible<sup>54 139</sup>. BLAXTER<sup>26</sup> relaciona la variación que sufre la energía metabolizable, debido al nivel de ingestión, con el contenido de la dieta en energía metabolizable determinada a nivel de mantenimiento, y encuentra que en raciones en las que la energía metabolizable representa el 60 % de su energía bruta (60 % de «metabolibilidad») no ocurren variaciones en la energía digestible al aumentar el nivel de ingestión(\*).

La determinación de la energía metabolizable de un alimento se realiza mediante una prueba biológica, similar a un ensayo de digestibilidad pero contabilizando además de las heces, la orina y el metano eliminados. La colección de la orina es sencilla y no plantea grandes problemas, pero para determinar el metano eliminado es necesario mantener al animal en una cámara de respiración. Esto complica la determinación de la energía metabolizable y la convierte en imposible en muchos casos, ante la dificultad de disponer de un costoso equipo que permita medir los intercambios gaseosos.

Con el objeto de subsanar este inconveniente se han desarrollado ecuaciones de regresión que facilitan estimar indirectamente la producción de metano, bien basándose en el contenido de la dieta en carbohidratos digestibles<sup>137</sup> o en la digestibilidad de la energía.<sup>6</sup> Tomando como base también la digestibilidad de la energía y analizando los resultados de experimentos realizados con 48 dietas diferentes, BLAXTER y CLAPPERTON<sup>24</sup> proponen una ecuación que permite estimar con bastante precisión la energía perdida en forma de metano para una amplia gama de dietas.

También se han propuesto ecuaciones de predicción que facilitan la estimación del calor de combustión de la orina, basándose generalmente en su contenido en nitrógeno. Entre las más importantes se encuentran las propuestas por PALADINES y col.<sup>112</sup> y NEHRING y col.<sup>101</sup> para los óvulos, y ELLIOT y LOOSLI<sup>50</sup> para el ganado vacuno. Sin embargo, ARMSTRONG y col.<sup>6</sup> relacionan las pérdidas energéticas en orina con la digestibilidad de la dieta y encuentran esa relación más precisa que la predicción a partir del contenido en nitrógeno.

BLAXTER y col.<sup>25</sup> analizando la relación existente entre el calor de combustión de la orina y su contenido en nitrógeno, excluyen la posibilidad de usar una simple ecuación de regresión para predecir el calor de combustión de la orina a partir de su contenido en nitrógeno y proponen una ecuación de predicción basada en el contenido proteico de la dieta.

Estas ecuaciones permiten calcular con bastante exactitud las pérdidas de orina y de metano y, por lo tanto, calcular la energía metabolizable conociendo solamente la digestibilidad de la energía y el contenido proteico de la ración, lo que permite, en gran medida, calcular valores adecuados de energía metabolizable a partir de los datos aportados por los numerosos experimentos de digestibilidad realizados. Además, NEHRING y col.<sup>101</sup> establecen ecuaciones que permiten calcular directamente la energía metabolizable a partir de los nutrientes digestibles en los alimentos concentrados; AXELSSON<sup>9</sup> desarrolla una ecuación de predicción a partir del porcentaje de proteína y grasa digestibles de la ración.

ARMSTRONG y col.<sup>6</sup>, analizando los resultados de experimentos realizados con 16 tipos de forrajes, encuentran que la energía metabolizable podría predecirse con bastante exactitud

\* Nota: Traducimos aquí la expresión inglesa *Metabolizability* por *metabolibilidad*, indicando con ello, en general, la energía metabolizable de un alimento o ración expresada como porcentaje de su energía bruta.

a partir de la digestibilidad de la energía o con un error algo mayor a partir del porcentaje de lignina o fibra bruta de la dieta. GRAHAM,<sup>64</sup> después de estudiar los resultados de una serie de experimentos llevados a cabo con raciones de muy variada composición y administradas a varios niveles de ingestión, propone una ecuación que facilita la estimación directa de la energía metabolizable a partir de la digestibilidad de la energía y de la ingestión de la materia orgánica, válida para cualquier nivel de ingestión de una amplia gama de dietas y tanto para ganado ovino como vacuno.

Con fines prácticos se puede suponer, sin peligro de cometer mucho error, que la energía metabolizable representa el 81 % de la energía digestible en la mayoría de los casos<sup>6</sup> o más exactamente el 82 % si se trata de forrajes, el 85 % en el caso de los cereales y el 79 % para las tortas de semillas oleaginosas y harinas de alto contenido proteico.<sup>25</sup> Teniendo en cuenta que el calor de combustión de la materia orgánica digestible parece tener un valor constante de 4,4 Kcal./gr.,<sup>6,97,134</sup> se puede admitir que un calor de 3,6 Kcal./gr. de materia orgánica sería útil para predecir, con un cierto margen de error, el valor de la energía metabolizable.

La energía metabolizable presenta ciertas ventajas sobre la energía digestible. Se puede considerar como una medida más exacta del valor nutritivo de los alimentos, ya que tiene en cuenta más pérdidas, y a la vez como un valor más constante, pues parece estar menos afectada por el nivel de ingestión que la energía digestible. Esto, unido al hecho de ser la energía metabolizable un valor relativamente fácil de determinar y factible de ser predicho con cierta precisión a partir de datos tan sencillos como son los de digestibilidad y composición química de los alimentos, da lugar a que se haya considerado a la energía metabolizable como una medida de gran utilidad para la valoración energética de los alimentos, habiendo sido elegida como la unidad base para valorar los alimentos y raciones en la U.R.S.S.<sup>45</sup> y en el nuevo sistema británico de valoración energética.<sup>21</sup>

### III.1.5. Sistemas de valoración nutritiva basados en la energía metabolizable.

Aunque la energía metabolizable se determina con mucha más facilidad que la energía neta, las primeras investigaciones realizadas en el campo del metabolismo energético fueron encaminadas a valorar los alimentos sobre la base de su energía neta, ya que esto permitía establecer una relación directa entre las necesidades de los animales y los valores atribuidos a los alimentos, al encontrarse ambos expresados en las mismas unidades. Sin embargo, investigaciones posteriores han puesto de manifiesto la dificultad de adscribir un valor particular y constante de energía neta a cada alimento, pues además de que el valor relativo de los diferentes alimentos en energía neta varía con el tipo de función productiva,<sup>21</sup> se reconoce también que la energía neta no se puede considerar como una característica constante de cada alimento, sino que depende de la ración como un todo.<sup>28</sup> Esto ha conducido a una profunda revisión de los sistemas de valoración nutritiva existentes y a la elaboración de nuevos sistemas que, a la luz de los nuevos conocimientos, permitan una más correcta predicción de las producciones animales.

BLAXTER<sup>21</sup> ha desarrollado un nuevo sistema de valoración energética, publicado con ligeras modificaciones por el Agricultural Research Council (A. R. C.)<sup>5</sup> que combina las características de los sistemas basados en la energía neta con las propias de los sistemas basados en las energías metabolizable o digestible. En dicho método los valores energéticos de los alimentos se expresan en forma de energía metabolizable determinada a nivel de mantenimiento, por unidad de peso. Estos valores individuales permiten calcular aditivamente la energía metabolizable de la ración completa, que a continuación se corrige para el nivel de ingestión por medio de una ecuación o la adecuada tabla de valores calculados. A partir de la energía metabolizable de la ración total y de acuerdo con las características de la ración y la producción a que se va a destinar, es posible estimar la producción que se obtendrá en el animal que recibe esta ración.

La originalidad de este sistema radica en distinguir entre las características de los alimentos y la respuesta animal, lo que le permite asignar valores individuales a los alimentos y a la vez tener en cuenta la variación en la eficiencia con que la energía metabolizable es utilizada para las distintas funciones productivas. Esto permite también valorar la ración global-



mente para estimar la producción, teniendo en cuenta además el nivel de ingestión. Sin embargo, los sistemas basados en la energía neta engloban estos dos factores, características de los alimentos y respuesta animal, e inevitablemente dan lugar a resultados rígidos y aplicables solamente a una situación dada.

En resumen, el sistema británico incluye en su esquema todos los nuevos conocimientos en el campo del metabolismo energético y además según BLAXTER<sup>21</sup> presenta la suficiente flexibilidad como para poder incorporar los nuevos progresos que vayan apareciendo en el futuro.

Al realizar la predicción de la producción a partir de la ración en conjunto, este sistema considera ya el llamado efecto asociativo a nivel de metabolismo, pero sin embargo no tiene en cuenta los efectos asociativos que ocurren durante la digestión, pues calcula la energía metabolizable de la ración por adición de los valores individuales de energía metabolizable de sus ingredientes. BLAXTER<sup>21</sup> supone que la magnitud de este efecto no es generalmente grande, sobre todo una vez que los microorganismos ruminales se han adaptado a la nueva dieta; además el esquema del sistema no impide que se pueda incluir una predicción de este efecto asociativo.

Quizás el mayor inconveniente del nuevo sistema resida en la imposibilidad de establecer una relación directa entre el aporte de energía y las necesidades del animal. Todo intento que se realice para encontrar la dieta que dé lugar a una producción deseada, supone una repetición completa del cálculo. Para obviar este inconveniente, en lugar de expresar las necesidades nutritivas en términos de energía neta y tener que predecir la producción a partir de la energía metabolizable, el A.R.C.<sup>5</sup> presenta un modelo de tabla en la que las necesidades se expresan de acuerdo con diversos niveles de concentración de la energía metabolizable en la ración.

Más recientemente, ZULBERTI y REID<sup>146</sup> han desarrollado una ecuación, apta para el cálculo con ayuda de computadores, que permite realizar una estimación directa de las necesidades en energía metabolizable para cualquier combinación posible de peso, edad, ganancia en peso, nivel de trabajo muscular y concentración de energía metabolizable en la dieta.

Otro sistema de valoración energética, basado también en la energía metabolizable, ha sido desarrollado en la U.R.S.S. por DENISOV<sup>46</sup>. En este sistema la unidad alimenticia equivale a 2.660 Kcal. de energía metabolizable, y, como es lógico, esta unidad se emplea tanto para expresar las necesidades de los animales como el valor nutritivo de las raciones. En este sistema el valor energético no se asigna a los alimentos individualmente, sino que se determina la energía de las raciones completas. Para facilitar la práctica del racionamiento, se ha puesto a punto un método que permite racionar sin conocer el contenido energético de cada alimento por separado.

### III.1.6. Energía neta.

Se conoce por energía neta aquella porción de la energía bruta aportada por un alimento que queda una vez sustraídas todas las pérdidas ocurridas durante su utilización por el organismo animal y que representa la parte de energía bruta que será verdaderamente útil para propósitos de producción y mantenimiento de las funciones vitales.

A su vez, cabe distinguir en la energía neta entre la fracción que aparece incluida, en forma de energía química, en los productos y que es conocida como energía retenida<sup>89</sup> y aquella otra empleada en cubrir las necesidades de mantenimiento.

Antes de que la energía metabolizable de un alimento llegue a ser verdaderamente útil al animal para los mencionados propósitos, ha de sufrir en los procesos metabólicos unas últimas pérdidas energéticas en forma de calor, que en definitiva son el resultado de la eficiencia con que se realizan los procesos de oxidación y síntesis en las células del organismo. Estas pérdidas están estrechamente ligadas a la naturaleza y cantidad de los nutrientes transformados y reciben el nombre de efecto o acción dinámico-específica.

Ocurren también otras pérdidas en forma de calor, como son las derivadas del trabajo de masticación, deglución y absorción de los alimentos y las que se producen durante los procesos fermentativos en el rumen, que, aunque realmente se producen durante la digestión y no en el metabolismo, no han sido tenidas en consideración en la determinación de la energía metabolizable.

Debido a la dificultad de evaluar separadamente estas pérdidas que, aunque de origen distin-

to, se manifiestan como calor perdido por el organismo, se consideran conjuntamente constituyendo el llamado *incremento térmico*.<sup>88</sup>

Si de la energía metabolizable de un alimento sustraemos el correspondiente incremento térmico obtendremos su energía neta, que puede considerarse como la medida más representativa del valor energético verdaderamente útil de dicho alimento.

A pesar de las evidentes ventajas que pueden atribuirse a la energía neta como medida del valor nutritivo de los alimentos y de su utilidad para compararlos de acuerdo con su respuesta en la producción animal, esta unidad tiene el inconveniente de no representar un valor constante. En realidad, el incremento térmico es dependiente de una serie de factores: tipo de alimentos, función productiva, naturaleza y forma física de la ración, lo que convierte en tarea muy difícil la valoración energética de los alimentos sobre la base de su energía neta.

Ha sido en estos últimos años, cuando el conocimiento de los diversos factores y su influencia sobre el incremento térmico ha experimentado un mayor avance. Hasta hace unos pocos años, se aceptaba la tesis de que el incremento térmico se veía afectado por el nivel de ingestión, pues se observaba que la relación entre ingestión de energía metabolizable y retención energética era curvilínea.<sup>19</sup> Sin embargo, hoy día es unánimemente aceptado que esta relación es lineal<sup>5 20 28 54 89</sup> y que las erróneas conclusiones anteriores eran debidas al hecho de valorar la eficiencia de la energía metabolizable en conjunto y no las eficiencias por separado para las distintas funciones fisiológicas.

También algunos autores<sup>67 94</sup> sostenían la opinión de que el incremento térmico era aproximadamente constante para todas aquellas raciones equilibradas y utilizadas para una misma función fisiológica. Sin embargo, KELLNER había observado ya anteriormente, en sus experimentos con ganado vacuno en cebo, que los alimentos no se reemplazaban unos a otros de acuerdo con su contenido en energía metabolizable, sino que aquellos con mayor contenido en fibra eran menos eficientemente utilizados para el cebo, razón por la cual efectuaba una corrección para el contenido en fibra.

Más recientemente y a partir de los resultados de una serie de experimentos llevados a cabo con mezclas de ácidos grasos volátiles añadidos a una dieta que cubría las necesidades de mantenimiento, BLAXTER<sup>20 21</sup> obtuvo la conclusión de que la eficiencia con que la energía metabolizable es usada para el cebo no es constante, sino que varía con la naturaleza de los productos finales de la fermentación ruminal. A medida que la proporción de energía procedente del ácido acético aumenta, su eficiencia para la síntesis de grasa disminuye, pudiendo esto explicar las observaciones de KELLNER de que los alimentos con alta proporción de fibra son peor utilizados para la síntesis de grasa.

BLAXTER<sup>20</sup>, teniendo en cuenta que la «*metabolicidad*» de la ración se encuentra íntimamente relacionada con el contenido en fibra de la misma y por consiguiente con las proporciones relativas de ácidos grasos producidos en el rumen, y analizando los resultados de todos los experimentos llevados a cabo en su laboratorio hasta 1964, establece una relación entre la eficiencia para el cebo y la energía metabolizable de la dieta. GRAHAM<sup>60</sup> y PLATT y col.<sup>54</sup> deducen de sus experimentos las mismas conclusiones, y por otra parte NEHRING<sup>102</sup> demuestra que la eficiencia de utilización de la energía metabolizable depende del tipo de principio inmediato de que se trate.

Los resultados de FLATT y col.<sup>52</sup> y VAN ES y NIJKAMP<sup>140</sup> ponen de manifiesto que tampoco la eficiencia con que la energía metabolizable es usada para la producción de leche es constante, sino que varía con el tipo de dieta. Las experiencias de ROOK y BALCH<sup>119</sup> señalan la influencia que ejercen las distintas proporciones de ácidos grasos volátiles sobre las características y cantidad de leche producida.

En 1961, BLAXTER<sup>20</sup> encontró que, aunque la eficiencia con que la energía metabolizable es utilizada para el cebo, se ve afectada por las distintas proporciones en las mezclas de ácidos grasos; sin embargo, la eficiencia con que es utilizada para cubrir las necesidades de mantenimiento se puede considerar constante, independientemente de la proporción en que los ácidos grasos volátiles se encuentren en la mezcla. Dicho autor en una serie de experimentos con alimentos naturales, comprobó que para cubrir las necesidades de mantenimiento los alimentos se reemplazan unos a otros de acuerdo con su contenido en energía metaboli-



zable. VAN ES<sup>138</sup> también señala en sus conclusiones que las diferencias en la ración afectan poco a las necesidades de energía metabolizable para el mantenimiento en ganado vacuno.

Experimentos posteriores de FLATT y col.<sup>52 53 55</sup>, GRAHAM<sup>60</sup> y VAN ES y NIJKAMP<sup>139</sup> han demostrado que la eficiencia de la energía metabolizable para cubrir las necesidades de mantenimiento no es constante, sino que las dietas de peor calidad son menos eficientemente utilizadas que las de mejor calidad.

BROVER y col.<sup>31</sup> BLAXTER y WAIMAN<sup>23</sup> y CORBETT y col.<sup>38</sup> observaron también en sus experimentos que la dieta influye en la utilización de la energía metabolizable, pero que, sin embargo, la variación en la eficiencia era mucho más acusada cuando la energía metabolizable era utilizada por encima de las necesidades de mantenimiento que cuando era utilizada para cubrir estas necesidades.

BLAXTER<sup>26</sup> llega a la conclusión de que, aunque la eficiencia de utilización de la energía metabolizable para mantenimiento no es completamente constante, pues varía ligeramente con la dieta, sin embargo, esta variación es mayor cuando la energía metabolizable es usada para el cebo, de tal forma que la relación entre las dos eficiencias (mantenimiento/cebo) no se puede considerar constante.

Otro inconveniente que presenta la valoración de los alimentos, sobre la base de su energía neta, es el hecho de que los valores así determinados no puedan considerarse aditivos para calcular la energía neta de la ración total, pues, como hemos visto, el incremento térmico o inversamente la eficiencia de utilización de la energía metabolizable depende de la naturaleza de los productos finales de la fermentación y éstos, a su vez, dependerán de la digestión de la ración como un todo. Este hecho es aceptado por la mayoría de los autores, NEHRING<sup>102</sup>, BLAXTER y NEHRING<sup>28</sup>, DENISOV<sup>46</sup>, que consideran que en el caso de los rumiantes la energía neta de una ración deberá valorarse a partir de la ración como un todo y no individualmente a partir de los alimentos que la constituyen.

Así mismo, cualquier proceso o tratamiento de los alimentos que sea capaz de influir sobre los productos finales de la fermentación ruminal, podrá aumentar o disminuir la eficiencia con que es usada la energía metabolizable del alimento. WRIGHT y col.<sup>144</sup> apreciaron un aumento en la concentración total de ácidos grasos volátiles, con un mayor porcentaje de propiónico y butírico, en el líquido ruminal de corderos alimentados con heno granulado en lugar de heno en forma larga o groseramente molido. La mayor eficiencia con que son utilizados los ácidos propiónico y butírico respecto del acético, puede ser una explicación de las mayores ganancias observadas en los corderos consumiendo el heno granulado.

En una revisión realizada sobre este tema, MINSON<sup>92</sup> llega a la conclusión de que la forma física no afecta al valor de la energía neta y que los incrementos de ganancia de peso, observados en los corderos consumiendo alimentos granulados, responden a una mayor ingestión, no a una mejora en la eficiencia. Sin embargo, PALADINES y col.<sup>111</sup> observaron que, en los corderos alimentados con henos granulados, las pérdidas energéticas en forma de incremento térmico eran menores y que dichos corderos retenían más energía que los alimentados con henos troceados, aunque el incremento total en la retención fue debido en parte a un aumento en el consumo y en parte a una mayor eficiencia de utilización.

Otros autores, JOHNSON y col.<sup>73</sup> JENTSCH y col.<sup>72</sup> y BOZHINOVA y ZHELYAZKOV<sup>29</sup> han encontrado también una mejor eficiencia de utilización de las dietas en forma granulada, a la vez que un aumento en la concentración de ácidos grasos volátiles.

Experimentos realizados por BEEVER y col.<sup>17</sup> y THOMSON y col.<sup>136</sup> demuestran que, aunque las proporciones de ácidos grasos no se ven muy afectadas por la forma física de la dieta, en las raciones molidas y granuladas, se absorbe una mayor proporción de energía digestible en el intestino delgado. THOMSON y CAMMELL<sup>135</sup> comprueban también que la energía metabolizable del heno molido es utilizada más eficientemente y señalan una posible relación de este incremento en la eficiencia con el hecho de que, en las dietas granuladas o molidas, se reduce la proporción de energía perdida en los preestómagos y aumenta la absorbida en el intestino delgado.

La determinación de la energía neta de un alimento supone la realización de un balance que nos permite conocer la energía retenida y deducir las pérdidas debidas al incremento térmico. Este tipo de balance solamente puede ser realizado mediante técnicas de calorimetría directa o indirecta, que exigen costosas instalaciones, o en su defecto mediante el método de comparación

de canales, técnica que, aunque no exige un complicado equipo, continúa siendo costosa. Por ello, todos los sistemas de valoración energética, basados en la energía neta, se apoyan en métodos de predicción que les permiten estimar el valor de la energía neta de los alimentos a partir de índices más fáciles de determinar en la práctica.

KELLNER predecía la energía neta a partir de los nutrientes digestibles y actualmente NEHRING<sup>102</sup> ha desarrollado ecuaciones que le permiten calcular directamente la energía neta a partir de los principios digestibles. BLAXTER<sup>26</sup> basa sus predicciones de energía neta en la concentración de la energía metabolizable de las raciones completas y LOFGREEN y GARRET<sup>85</sup> presentan también ecuaciones para predecir el contenido en energía metabolizable de los alimentos.

Con el objeto de facilitar la predicción de la energía neta se han establecido otras muchas relaciones entre su cuantía y algunas otras características de la ración, como por ejemplo su contenido en fibra digestible<sup>60</sup> o en materia orgánica digestible<sup>109</sup> o bien la digestibilidad de la energía o el contenido en lignina del alimento.<sup>6</sup> Con todas ellas se obtiene un alto nivel de significación, pues cualquier característica de una ración, que afecte a las proporciones mutuas de los productos finales de la digestión ruminal, estará estrechamente correlacionada con la eficacia con que la energía metabolizable se transforma en energía neta.<sup>22</sup>

### III.1.7. Sistemas de valoración nutritiva basados en la energía neta.

En 1882 GUSTAV KUHN, un discípulo de HENNENBERG, inició en la Estación de Mockern una serie de experimentos sobre la utilización de la energía en ganado vacuno, con ayuda de una cámara de respiración. Estas pruebas fueron continuadas por su sucesor OSKAR KELLNER quien, sobre la base de los resultados obtenidos, estableció el primer sistema de valoración energética basado en el contenido en energía neta de los alimentos.

A partir del balance conjunto de nitrógeno y carbono, KELLNER calculaba la deposición de grasa obtenida por la adición de principios nutritivos puros a una ración basal, que cubría las necesidades de mantenimiento, y asignaba a cada principio nutritivo un valor en relación con su capacidad de deposición de grasa, tomando como base la producida por un kilogramo de almidón. Cuando KELLNER aplicó estos factores a los principios nutritivos digestibles de distintos alimentos, que a su vez determinaba experimentalmente, comprobó que existía cierta diferencia entre los valores calculados y los determinados experimentalmente, sobre todo en el caso de los alimentos groseros.

KELLNER propuso una corrección para los alimentos concentrados, en cuyo caso las discrepancias entre los valores calculados teórica y prácticamente eran más bien pequeñas. Esta corrección es el *coeficiente de productividad* que entre nosotros es conocido con la denominación, ya generalizada, de *rendimiento nutritivo*.<sup>115</sup> Sin embargo, para los alimentos groseros, KELLNER encontró que las diferencias entre los valores prácticos y los teóricos eran mayores y más variables, y al comprobar que existía cierta relación entre el contenido en fibra de estos alimentos y su eficiencia para producir grasa, estableció un tipo de corrección de acuerdo con su contenido en fibra bruta.

Casi al mismo tiempo que KELLNER en Europa, ARMSBY en los EE. UU. estudió la utilización de la energía de los alimentos ayudándose de un calorímetro animal, lo que le permitió determinar directamente la producción de calor. ARMSBY realizó sus experimentos operando por debajo del nivel de mantenimiento y administrando un mismo alimento a dos niveles distintos. La diferencia en el calor producido permite calcular el incremento térmico, que se resta de la energía metabolizable para obtener la energía neta. Este autor propuso como base de su sistema el Therm, equivalente a 1.000 Kcal. de energía neta.

Aunque el propósito de los trabajos de ARMSBY era el mismo perseguido por KELLNER, es decir, la determinación de la energía neta, el planteamiento del método seguido era bastante diferente. KELLNER operaba por encima del nivel de mantenimiento y ARMSBY por debajo de dicho nivel, con lo cual, el primero estudiaba la eficiencia con que los alimentos eran utilizados para el cebo y ARMSBY la eficiencia con que eran utilizados para cubrir las necesidades de mantenimiento. Al estudiar dos funciones fisiológicas distintas, a las que corresponden diferentes eficiencias en la utilización de la energía de los alimentos, necesariamente tenían que llegar a resultados dispares.<sup>21</sup>



De todas formas, los valores obtenidos por ARMSBY apenas fueron aplicados en la práctica, pero, sin embargo, el sistema de valoración energética desarrollado por KELLNER ha sido en realidad la base de todos los sistemas que, basados en la energía neta, fueron más tarde puestos en práctica en la mayoría de los países europeos.

WOOD, al introducir las unidades almidón en Gran Bretaña, aumentó en un 20 por 100 el valor de las pajas y henos. HANSSON<sup>66</sup> calculaba sus valores de un modo análogo al de KELLNER, aunque los expresaba en unidades alimenticias equivalentes a la energía neta de un kilogramo de cebada (1.650 Kcal.) en sustitución de las unidades almidón. Dado que sus trabajos se concentraron en la alimentación de la vaca lechera, al comprobar los factores de KELLNER, observó que la proteína tiene un mayor valor en este caso que para el cebo, y propuso el factor 1,43 para este principio en sustitución del 0,94 utilizado por KELLNER.

Por otra parte, FRAPS obtuvo sus coeficientes de producción apoyado en los factores de KELLNER y modificaba estos coeficientes cuando encontraba discrepancias entre los valores calculados y los experimentales. Mediante dichos coeficientes de producción y los datos sobre composición en principios nutritivos, desarrolló, para varios alimentos, sus valores de *energía productiva*. LEHMANN, a su vez, propuso sustituir la corrección de KELLNER para el contenido de fibra por un sistema de corrección basado en la materia orgánica indigestible. Todos estos sistemas, que en su mayoría vienen a ser modificaciones del de KELLNER, han sido minuciosamente revisados por BLAXTER<sup>19</sup> y TYLER<sup>137</sup>.

El sistema de KELLNER y todos los derivados de él suponen, acertadamente, que la eficiencia con que los alimentos son utilizados para el cebo no es constante, sino que varían de acuerdo con el contenido en fibra de los alimentos, y asignan a cada alimento un valor de energía neta de acuerdo con su capacidad para producir grasa, suponiendo que los alimentos se reemplazan en las demás funciones fisiológicas en la misma relación que lo hacen para la producción de grasa.

Este supuesto ha sido ampliamente criticado por BLAXTER<sup>21</sup> y McDONALD y col.<sup>89</sup>, apoyados en la evidencia de que no todos los alimentos tienen el mismo valor relativo para diferentes funciones fisiológicas, como son el cebo y el mantenimiento, pues la energía metabolizable es utilizada con una eficiencia mayor y más constante para el mantenimiento que para la producción de grasa<sup>23 38 26</sup>. Es de suponer, por lo tanto, que el sistema de KELLNER subestima el valor de los alimentos groseros cuando se trata de cubrir las necesidades de mantenimiento. BROUVER y col.<sup>31</sup> encontraron que de hecho las unidades almidón subestimaban los henos como fuente energética para mantenimiento, especialmente en el caso de los de alto contenido en fibra.

LOFGREEN y GARRET<sup>85</sup> han desarrollado un nuevo sistema de valoración energética sobre la base de la energía neta, en el que atribuyen a los alimentos valores independientes de energía neta para mantenimiento (NEm) (\*) y energía neta para el cebo (NEf (\*\*)).

LOFGREEN y GARRET administran dietas a diferentes niveles y por el método de análisis de la composición corporal determinan la energía retenida. Sustrayendo ésta de la energía metabolizable ingerida, calculan la producción de calor y establecen una relación lineal entre producción de calor e ingestión de energía metabolizable, lo que les permite calcular la ingestión de materia seca necesaria para mantener el equilibrio energético y a partir de ella la NEm del alimento. La NEf será simplemente la energía depositada en la ganancia. También establecen ecuaciones de regresión para predecir la NEm y la NEf a partir del contenido en energía metabolizable de la dieta.

El hecho de asignar a los alimentos valores distintos de energía neta para el mantenimiento y para el cebo, ha dado lugar a ciertas objeciones al sistema, pero, sin embargo, esta distinción permite al método mantener diferentes relaciones entre los valores de energía neta para el cebo y para mantenimiento, de acuerdo con el tipo de alimentos. Así, por ejemplo, el valor de la paja de trigo es equivalente a un 45 % del valor del maíz, cuando se trata de cubrir las necesidades de mantenimiento, pero, sin embargo, para las funciones productivas su valor es sólo de un 11 %.

\* Net energy for maintenance.

\*\* Net energy for fattening.

De esta forma, se evita el subestimar, como sucede con el empleo de las unidades almidón, la utilidad de los forrajes para cubrir las necesidades de mantenimiento.

Sin embargo, LOFGREEN y GARRET consideran los valores de energía neta como constantes y aditivos al calcular la energía neta de la ración total, aún cuando la mayoría de los autores<sup>28 46 102</sup> consideran que la energía neta no se puede considerar simplemente como una cantidad aditiva, sino que es necesario valorar la ración como un todo. Recientemente, ROBERT y col.<sup>118</sup> estudiando con la misma técnica que LOFGREEN y GARRET la energía neta de raciones con proporciones variables de concentrados y forrajes, encontraron que la energía neta para el cebo (NEf) no aumenta en forma lineal con la proporción de concentrado, como supone el sistema de LOFGREEN y GARRET, dado que el contenido en energía neta de cada ingrediente no es constante, sino que depende de la ración como un conjunto, especialmente cuando se administran niveles elevados de alimento concentrado.

NEHRING y col.<sup>103</sup> han propuesto sustituir el sistema de KELLNER por un nuevo sistema de valoración, cuya unidad sería una Kcal. de energía neta para el cebo (NEf (\*)). Un alimento tendrá 1 Kcal. de NEf. si es capaz de producir una retención de 1 Kcal., en el cebo de animales adultos.

En este sistema, los valores de energía neta de los alimentos se pueden predecir a partir de los nutrientes digestibles mediante ecuaciones de regresión, establecidas para las diversas especies animales, debiéndose realizar una corrección para aquellos alimentos ricos en azúcares. Aunque los valores de energía neta de los alimentos se consideran aditivos, en el caso de los rumiantes, se realiza una corrección del contenido en energía neta de la ración total de acuerdo con la digestibilidad de su energía, con lo cual se intenta ya valorar la ración como un todo y tener en cuenta las posibles interacciones entre los procesos fisiológicos del rumen y el tipo de ración.

NEHRING<sup>102</sup> y SCHIEMANN<sup>123</sup> aportan las bases experimentales en que se basa este sistema, según las cuales la eficiencia con que la energía metabolizable es transformada en energía neta depende del tipo de principios nutritivos de la ración, lo que permitirá predecir, con bastante exactitud, la energía neta a partir de los nutrientes digestibles. Además, la eficiencia con que los principios nutritivos son utilizados para mantenimiento y para producción de grasa es constante, excepto para los lípidos, de donde se deduce la posibilidad de expresar las necesidades de mantenimiento en términos de energía neta para la producción de grasa (NEf).

SCHIEMANN<sup>123</sup> considera que el hecho de que los lípidos sean mejor utilizados para producción de grasa que para mantenimiento no limita la validez del modelo, pues los lípidos entran normalmente en pequeña proporción en las raciones habituales y además, en las dietas en que predominan, serán utilizados principalmente para la producción de grasa.

El hecho de que las necesidades de mantenimiento puedan ser expresadas en forma de energía neta para el cebo (NEf) no está completamente de acuerdo con los resultados de las experiencias de BROUVER y col.<sup>31</sup>, BLAXTER y WAIMAN<sup>23</sup> y CORBETT y col.<sup>38</sup> que demuestran que las variaciones en las necesidades de energía metabolizable, debidas a la calidad de la dieta, son inferiores para el mantenimiento que para la producción de grasa.

BREIREM<sup>30</sup>, comparando diferentes sistemas de valoración nutritiva, calcula la energía neta de raciones con distintas proporciones de concentrados y forrajes y encuentra que, paradójicamente, las unidades del sistema de NEHRING parecen más adecuadas para expresar el valor energético de los alimentos en el caso del mantenimiento que en el del cebo. El cálculo de la energía neta para el cebo por el método de NEHRING coincide, en el caso de raciones con alto contenido en concentrados, con la estimación realizada de acuerdo con el método de KELLNER y con las ecuaciones de BLAXTER y las del propio BREIREM, pero, sin embargo, en el caso de raciones con elevada proporción de forrajes, el método de NEHRING parece sobrevalorar a los alimentos groseros para la producción de grasa.

BLAXTER<sup>27</sup> aplicando a los experimentos de KELLNER el sistema británico y el sistema de NEHRING, encuentra, confirmando las observaciones de BREIREM, que este último sistema sobrevalora el contenido en energía neta de los forrajes, aunque el colaborador de NEHRING,

\* Nettoenergie-Fett.



HOFFMANN<sup>71</sup>, sostiene que, cuando se valoran las raciones totales, hay un buen acuerdo entre los resultados por ellos obtenidos y los de los experimentos de KELLNER, y que las discrepancias observadas podrían ser debidas al hecho de realizar comparaciones con valores alimenticios calculados y no con los datos obtenidos en pruebas experimentales.

El sistema de NEHRING no tiene tampoco en cuenta la influencia del efecto asociativo sobre la digestibilidad, ni el efecto depresor del nivel de ingestión. SCHIEMANN<sup>124</sup> señala la conveniencia de que los coeficientes de digestibilidad que se usan en los cálculos de la NEf, sean determinados a nivel de mantenimiento, y considera que el efecto del nivel de ingestión no es de gran importancia cuando se componen las raciones por el sistema NEf, porque la depresión de la digestibilidad puede ser compensada por la disminución en las pérdidas de orina y metano.

A lo largo de esta revisión, hemos podido observar que en el campo del metabolismo energético no existe, en la actualidad, un sistema de valoración nutritiva que muestre una clara y absoluta superioridad sobre los demás.

La adquisición de nuevos conocimientos ha puesto de manifiesto la falta de fundamento de los sistemas tradicionalmente usados, y a la vez los nuevos sistemas propuestos no llegan a cubrir completamente todos los requisitos de sencillez, eficacia y exactitud que les son exigibles.

No obstante, tanto la energía digestible como la energía metabolizable son consideradas fundamentales en todos los sistemas de valoración nutritiva actualmente propuestos, y, teniendo en cuenta los inconvenientes y dificultades que supone la valoración en energía neta, parece aconsejable considerar, por el momento, a la energía digestible y metabolizable como las formas de expresión más útiles en la valoración energética de los alimentos.

### III. 2. VALOR ENERGETICO DE LAS SEMILLAS DE LEGUMINOSAS

#### III. 2.1. *El problema taxonómico y las equivalencias lingüísticas.*

El hecho de que la mayoría de las semillas de leguminosas sean típicas del área mediterránea y algunas de ellas, comunes en España, sean poco conocidas o prácticamente desconocidas en otros países, ha dado lugar, juntamente con la abundancia de expresiones populares con que son designadas, a cierto confusiónismo en su nomenclatura, sobre todo al ser traducidos sus nombres de unos a otros idiomas.

Esta situación presenta algunas veces cierta gravedad, pues no solamente existe confusión entre las mismas especies de leguminosas, sino que también se llegan a confundir con plantas de otras familias y géneros botánicamente muy alejados.

Intentando esclarecer esta situación, hemos elaborado un cuadro de equivalencias lingüísticas presentado en la tabla 1, de acuerdo con la nomenclatura encontrada en la literatura al respecto <sup>2 16 36 51 65</sup>, habiéndonos atendido en nuestra revisión bibliográfica a estas equivalencias lingüísticas.

#### III. 2. 2. *Valores obtenidos experimentalmente.*

Existe muy escasa información, en la bibliografía mundial, sobre el contenido de energía digestible y metabolizable de las semillas de leguminosas.

En las tablas del National Research Council (N. R. C.)<sup>99</sup> no aparece información sobre ninguna de las semillas de leguminosas comúnmente usadas en España y en

TABLA 1  
Equivalencias lingüísticas de las leguminosas estudiadas en el presente trabajo

Nombre científico	Español	Inglés	Alemán	Francés
Vicia monanthos, L.	Algarroba	One flowered-vetch. One flowered-tare	Wicklinse Zirbelerbse Spanische linse	Lentille d'Auvergne
Vicia sativa, L.	Veza común Arveja	Common vetch	Sattwicke Futterwicke Sommerwicke	Vesce
Lathyrus sativus, L.	Almortas Guija Tito Muela	Chickling vetch. Vetchling	Platterbse Kicherling	Gesse Lentille d'Espagne
Vicia faba, L. var, equina	Haba caballar	Horse bean	Pferdebohne Ackerbohne	Fève a cheval Feverole fourragere
Vicia ervilia, L.	Yeros	Lentil vetch Bitter vetch Ervil	Linsenwicke Ervilie Erve	Ers. Vesce blanche Lentille du Canada
Lens esculenta Moench	Lentejas	Lentil	Linse	Lentille
Pisum arvense, L.	Guisante forrajero	Field pea	Ackererbse Felderbse Futtererbse	Pois des champs
Trigonella foenum graecum, L.	Alholvas	Fenugreek	Bockshornklee	Fenugrec



las minuciosas recopilaciones de datos experimentales realizadas por SCHNEIDER<sup>126</sup> y MORRISON<sup>98</sup>, sobre composición química y digestibilidad de una amplia gama de alimentos, solamente se facilitan datos sobre la composición y coeficientes de digestibilidad de los guisantes, lentejas y almortas.

En las tablas de recopilación publicadas por la Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft (D. L. G.)<sup>41</sup> y por KELLNER y BECKER<sup>79</sup>, se encuentran ya coeficientes de digestibilidad para casi todas las semillas de leguminosas. Además, durante estos últimos años, JOHRI y col.<sup>74</sup> en la India y KANEV y col.<sup>78</sup> en Bulgaria han determinado la digestibilidad de las almortas en bóvidos y de la veza y guisantes en óvidos, pero, sin embargo, en ningún caso aparece información sobre su contenido en energía digestible y metabolizable.

En España, GONZÁLEZ y ZORITA<sup>59</sup> han estudiado la digestibilidad de la veza, habas, yeros y guisantes en los óvidos. VALERA y col.<sup>142</sup> realizaron experimentos de digestibilidad en cabras consumiendo veza, habas y yeros, y REVUELTA<sup>116</sup> proporciona valores experimentales de digestibilidad para las almortas, pero tampoco ofrecen información experimental sobre el contenido en energía digestible y metabolizable de dichas leguminosas.

Solamente NEHRING y WERNER<sup>100</sup> y HOFFMANN y col.<sup>70</sup> han aportado datos experimentales sobre el contenido en energía digestible y metabolizable de las habas y guisantes, respectivamente. Algo más recientemente, SIRBU y col.<sup>130</sup> han determinado, en experimentos de digestibilidad con óvidos, el valor de la energía digestible de las habas.

### III. 2. 3. *Valores calculados.*

Aunque si bien es verdad que apenas existe en la literatura información original acerca del contenido en energía digestible y metabolizable de las semillas de leguminosas para rumiantes, sin embargo es posible encontrar valores experimentales de digestibilidad para algunas de ellas. Esto permite calcular indirectamente el valor de la energía digestible y metabolizable mediante la simple aplicación de factores adecuados.

Las tablas españolas sobre la composición de 100 alimentos para el ganado, publicadas por CUENCA y col.<sup>40</sup> aportan datos sobre el contenido en energía digestible y metabolizable de las semillas de leguminosas, siendo estos valores calculados indirectamente a partir del análisis de los principios inmediatos. Este tipo de predicción, basada exclusivamente en el contenido en principios nutritivos brutos, por su propia naturaleza tiene un valor puramente orientativo y no puede ofrecer ninguna seguridad. De hecho y como se verá más adelante, los valores así obtenidos difieren considerablemente de los contenidos a partir de los principios digestibles o de la digestibilidad de la energía y, naturalmente, de los hallados experimentalmente.

Con el objeto de disponer de alguna información que nos pueda servir de referencia para comparar nuestros resultados, hemos utilizado para calcular el T.D.N. y poder computar a partir de dicho valor su contenido en energía digestible y metabolizable, los datos, sobre composición química y digestibilidad de las semillas de leguminosas, que se citan en las tablas publicadas por SCHNEIDER<sup>126</sup> D. L. G. y KELLNER y BECKER<sup>79</sup>, así como los valores determinados por GONZÁLEZ y ZORITA<sup>59</sup> y REVUELTA<sup>116</sup> con leguminosas españolas. Los valores así calculados se encuentran indicados en la tabla II.

## IV. PLANTEAMIENTO EXPERIMENTAL

El contenido en energía digestible y metabolizable constituye, como hemos visto, el índice más importante del valor nutritivo de los alimentos. Por otra parte, ha quedado de manifiesto, en lo que a las leguminosas para grano se refiere, que existe poca información y para algunas un completo vacío bibliográfico que es importante llenar. Teniendo en cuenta así mismo que estas especies vegetales han desempeñado tradicionalmente un papel importante en la alimentación animal, el cual no tiende a disminuir por claras razones edafológicas y climatológicas, es por lo que nos hemos propuesto realizar un estudio sistemático del valor energético para los rumiantes de aquellas semillas de leguminosas de mayor importancia en el país.

La valoración nutritiva de algunos alimentos concentrados, por sus características, como es el caso de las semillas de leguminosas, no puede ser realizada en experimentos simples en los que la ración experimental esté constituida exclusivamente por el alimento que se intenta estudiar, sino que deben ser administrados juntamente con otros alimentos complementarios de volumen, formando así parte de la ración experimental total. Esto exige la realización de dos experimentos, uno con el alimento básico de volumen sólo y otro con el alimento de volumen más el concentrado, determinándose el valor nutritivo del concentrado por diferencia entre el valor obtenido para la ración total y el valor obtenido para el alimento de volumen.

En un experimento realizado por el método de diferencia, ha de procurarse que el alimento concentrado que deseamos estudiar se encuentre formando parte de la ración experimental en una proporción lo más alta posible, hasta el límite que permita la tolerancia digestiva de los animales y procurando evitar siempre la presencia de efectos asociativos e interacciones entre los componentes de la ración. Cuando el alimento problema entra en baja proporción dentro de la ración total, todos los errores, tanto analíticos como los inherentes a la experimentación *in vivo*, tienen una repercusión tan considerable sobre los valores obtenidos que llegan a privarlos de toda significación.

Intentando encontrar la proporción más adecuada en que debieran ser usadas



TABLA 2  
Energía digestible y metabolizable de las semillas de leguminosas calculadas indirectamente a partir de su contenido en TDN ( $ED = 4,41 \text{ Kcal/gr. de TDN}$ ) ( $EM = 4,41 \times 0,82 = 3,62 \text{ Kcal/gr. de TDN}$ ).

	Algarrobas	Veza	Almortas	Habas	Yeros	Lentejas	Guisantes	Referencia
TDN			85,1			84,1	87,0	
ED			3,753			3,709	3,837	Schneider B. H. <sup>126</sup>
EM			3,081			3,044	3,149	
TDN	86,7	89,3	85,6	86,5	87,2	85,8	87,0	
ED	3,823	3,938	3,775	3,815	3,845	3,784	3,837	Kellner O y Becker <sup>79</sup>
EM	3,138	3,233	3,099	3,131	3,157	3,106	3,149	
TDN		87,4	74,5	83,6		87,3	93,3	
ED		3,854	3,285	3,687		3,850	4,114	D. L. G. <sup>41</sup>
EM		3,164	2,697	3,026		3,160	3,377	
TDN		83,5	84,5*	84,8	84,8		85,5	González y Zorita <sup>59</sup>
ED		3,682	3,726	3,749	3,740		3,770	
EM		3,023	3,059	3,070	3,070		3,095	

\* Revuelta<sup>116</sup>

para tal fin nuestras semillas de leguminosas, se llevó a cabo un experimento en el que se administraron tres raciones con distintas proporciones de una de las semillas de leguminosas (20, 35 y 50 %), con el fin de establecer, aproximadamente, la máxima concentración en que pueden ser utilizadas dichas semillas en las dietas experimentales sin que se originen efectos perjudiciales.

En el cálculo por diferencia se asume que la digestibilidad del alimento base no sufre ninguna alteración al añadirle el concentrado, sin embargo, hay evidencia, de que este supuesto no siempre se cumple. CONRAD y HIBBS<sup>37</sup>, por ejemplo, señalan que un aumento en el contenido de concentrados de la dieta conduce a una disminución de la digestibilidad de la celulosa del alimento base.

La inexactitud del método por diferencia, debido a la presencia de estos efectos asociativos entre el alimento de volumen y el concentrado, es un hecho reconocido por muchos autores<sup>39 88 89</sup> pero aún así, es el método más generalmente empleado en la valoración de las raciones mixtas.

Es poco conocida la intensidad de estas interacciones mutuas entre suplemento y dieta basal, pero los estudios realizados, sobre microbiología del rumen señalan que las alteraciones en la dieta van siempre acompañadas, durante un período de tiempo, de cambios en el pH, en la población microbiana y en su actividad,<sup>69</sup> y hay algunas indicaciones de que si se espera el tiempo suficiente para que la microflora se adapte al nuevo sustrato, este efecto asociativo tiende a ser menor.<sup>21</sup> En recientes experimentos con heno de alfalfa y pulpa de remolacha desecada, designados para obtener un máximo efecto asociativo, ASPLUND y HARRIS<sup>7</sup> encuentran que, de hecho, el efecto asociativo ocurre, pero que la magnitud de este efecto es relativamente pequeña, afectando muy poco al valor de la energía digestible, y consideran que este efecto no sería de gran importancia comparado con otras fuentes de error y variación en el cálculo del valor nutritivo.

En nuestros experimentos se eligió como alimento base para todas las raciones la pulpa de remolacha desecada, por ser un alimento muy homogéneo, de fácil adquisición y bien conocido, así como por presentar la característica de ser un alimento rico en hidratos de carbono y con baja proporción de proteína, lo cual facilita su racionamiento con las semillas de leguminosas de elevado contenido proteico.

Teniendo en cuenta que la pulpa de remolacha es un alimento de elevada digestibilidad, es de esperar que la presencia de efectos asociativos con las semillas de leguminosas sea más bien escasa.

## V. MATERIALES

### V. 1. ALIMENTOS

Se han estudiado ocho semillas de leguminosas utilizadas habitualmente en alimentación animal: algarrobas (*Vicia monanthos*, L.); veza (*vicia sativa*, L.), almortas (*Lathyrus sativus*, L.); habas (*Vicia faba*, L. var *equina*); yeros (*Vicia ervi*-



lia, L.); lentejas (*Lens esculenta*, Moench); guisantes (*Pisum arvense*, L.) alholvas (*Trigonella foenum graecum*, L.). Todas ellas procedían de las provincias de Zamora, Palencia y León, empleándose solamente partidas que estaban libres de impurezas y en buen estado de conservación.

Todas las semillas fueron adquiridas en grano y molidas para cada una de las pruebas por medio de un molino de martillos provisto de parrillas con un paso de 2,5 mm.

Todas las raciones experimentales, además de las semillas de leguminosas, que se intentaban estudiar, incluían como alimento base la pulpa de remolacha desecada.

Aunque siempre se recomienda administrar la pulpa de remolacha previamente humedecida, cuando se da en cantidad elevada<sup>98, 115</sup> para evitar posibles trastornos digestivos debido a su gran capacidad de absorción, esto complica extraordinariamente su manejo durante un experimento y puede inducir a pérdidas y errores. Por ello y teniendo en cuenta los bajos niveles a que se pensaba administrar, (300-400 grs./animal/día), se prefirió hacerlo en forma seca, tras haber comprobado en una experiencia previa que era consumida con avidez y no daba lugar a ningún tipo de trastorno.

#### V. 2. ANIMALES

Para la realización de los experimentos se han utilizado 14 corderos de raza churra de 1 a 1,5 años de edad, castrados y procedentes del rebaño de la Estación Agrícola Experimental de León, con un peso medio a lo largo del período de pruebas de 40 Kgrs.

Se utilizaron alternativamente en cada experimento 6 corderos, con lo que todos los animales tuvieron un período de descanso de 20 a 30 días entre cada experimento.

#### V. 3. JAULAS METABOLICAS

Durante la fase experimental los corderos permanecieron en jaulas metabólicas, propias de estos experimentos y del tipo descrito por OVEJERO<sup>110</sup>, las cuales facilitan el racionamiento de los animales y la colección de excretas, evitando la posible pérdida de restos, tanto de comida como de heces.

#### V. 4. SISTEMAS DE COLECCION DE HECES Y ORINA

Siendo necesario en este tipo de experimentos recoger separadamente las heces y la orina, se utilizaron para colección de heces unas bolsas especiales que van sujetas y adaptadas a la región anal del cordero mediante arneses, cuyo único objeto es el de mantenerlas fijas en la posición conveniente.

La colección de orina se ha realizado mediante embudos de goma, continuados por un tubo que conduce la orina a unas botellas de plástico de 2,200 litros

de capacidad, y situadas en la parte inferior de la jaula. El embudo se sujeta a la región ventral del cordero mediante un arco de cuero y unas correas que lo fijan de tal forma que quedan el prepucio situado en el interior del embudo.

#### V. 5. BOMBA CALORIMETRICA

La estimación de la energía digestible y metabolizable exige la determinación de los calores de combustión de alimentos, heces y orina.

Todas estas determinaciones se realizaron mediante una bomba calorimétrica adiabática JANKE & KUNKEL, en la que las temperaturas de los baños de agua interno y externo permanecen iguales a través de toda la prueba, siendo la temperatura del baño exterior automáticamente controlada mediante un puente de Wheastone. Dos de las resistencias de este puente son reóstatos medidores que al detectar pequeños cambios de temperatura en los baños interno o externo en que van colocados, modifican su resistencia desintonizando el puente y poniendo en marcha el sistema de calentamiento del baño externo de agua, con lo cual este baño va alcanzando siempre la misma temperatura que el interior, evitándose así las pérdidas de calor hacia el exterior.

El baño externo va provisto de un sistema de refrigeración, con el objeto de que su temperatura tienda a caer por debajo de la existente en el baño interno.

La elevación de temperatura en el baño interno, durante el período de combustión, es registrada por un termómetro Beckman, en el que se realizan las lecturas convenientes, corrigiéndose después las temperaturas de acuerdo con el certificado del termómetro.

La ventaja de los calorímetros adiabáticos frente a los de tipo isotérmico son considerables en lo que se refiere a simplificación del manejo, rapidez y exactitud en las determinaciones. En un calorímetro adiabático sólo es necesario realizar dos lecturas, una antes de realizar la combustión y otra diez minutos después, sin embargo, con un calorímetro isotérmico el incremento de temperatura ha de ser corregido mediante la aplicación de la fórmula de Regnault-Pfaundler, para lo cual es necesario realizar lecturas de la temperatura a intervalos de minuto durante todo el período de combustión. Esto implica un mayor consumo de tiempo en las lecturas y en la realización de los cálculos mediante esta fórmula.

Para evitar este inconveniente, NIJKAMP<sup>105</sup> propone el uso de una sencilla fórmula derivada de la de Regnault-Pfaundler, reduciendo el número de lecturas y simplificando los cálculos, lo que permitiría al calorímetro isotérmico competir con el adiabático.



## VI. METODOS

### VI.1. MÉTODOS BIOLÓGICOS

#### VI. 1. 1. *Pruebas experimentales.*

Fueron realizados nueve experimentos, uno de ellos con el objeto de estudiar la pulpa de remolacha y los otros ocho dedicados al estudio de cada una de las semillas de leguminosas.

En el experimento de alholvas, que constó de tres raciones con distintas proporciones de semillas, fueron empleados doce corderos. En los demás experimentos se emplearon siempre inicialmente seis corderos, aunque en ciertos casos se decidió prescindir de alguno de ellos por falta de regularidad en el consumo de la ración.

La duración de cada uno de los experimentos fue de aproximadamente de 30 a 35 días, repartidos en tres períodos: período de adaptación, período previo y, por último, período de colección.

El período de adaptación con una duración variable entre 10 y 15 días, se llevó a cabo con los corderos aislados en «*boxes*» individuales y tuvo por objeto adaptar al animal a la dieta experimental, que por sus características de alto contenido en concentrados resultaba algo distinta de la dieta habitual. Simultáneamente, se realizaban observaciones tendentes a establecer el nivel de ingestión más adecuado para la ración experimental, ya que en los experimentos de digestibilidad debe lograrse un consumo constante y evitar, en lo posible, la presencia de restos.

La duración de los períodos previo y de colección puede variar entre ciertos límites que generalmente oscilan entre 7 y 15 días. También es posible obtener valores aceptables hasta con períodos preliminares y de colección de 4-6 días<sup>132 145</sup>, sin embargo, BLAXTER y col.<sup>18</sup> estudiando los resultados de varios ensayos, encontraron como período preliminar más adecuado el de 10 días, observando también que la longitud del período de colección no parecía tener mucha influencia en la exactitud de los resultados.

La Comisión de Estudios sobre Nutrición Animal de la European Association for Animal Production (E.A.A.P.)<sup>48</sup>, recomienda que la duración de los períodos sea como mínimo de 10 días, por ser el tiempo más adecuado para obtener un nivel relativamente constante en la eliminación de las heces, con lo cual están de acuerdo la mayoría de los autores.

La duración del período previo se estableció en 10 días, según recomiendan los mencionados autores, durante los cuales los animales recibieron su ración a un nivel fijado de ingestión, con el objeto de obtener una eliminación fecal constante. Al dar comienzo este período, los corderos ya provistos de los mencionados sistemas para la colección de heces y orina, fueron introducidos en sus respectivas jaulas metabólicas, donde permanecieron hasta el final del experimento.

El período de colección tuvo también una duración de 10 días, durante los cuales se procedió a la recogida de heces y orina, que se realizaba diariamente a las nueve de la mañana, después de ser administrada la primera comida del día.

Los corderos se pesaron antes de ser introducidos en las jaulas metabólicas y al final del experimento, con el objeto de observar las variaciones ponderales.

Los corderos recibieron su ración repartida en dos comidas diarias, que eran suministradas a las nueve de la mañana y seis de la tarde, teniendo en todo momento agua a su disposición.

Una vez finalizada cada prueba, los corderos eran alimentados con una ración a base de harina de algarrobas, pulpa de remolacha desecada y heno de alfalfa, más un corrector vitamínico mineral.

#### VI. 1.2. *Raciones experimentales.*

En todos los experimentos, las raciones estuvieron compuestas por una de las semillas de leguminosas estudiadas y por pulpa de remolacha desecada, excepto en un experimento cuya ración consistió exclusivamente en pulpa de remolacha, ya que era necesario valorar aisladamente este alimento para poder determinar por diferencia de valores de las semillas de leguminosas.

La proporción de pulpa de remolacha y semillas de leguminosas osciló muy poco en todas las raciones, alrededor de un 50 %, excepto en el experimento realizado con las alholvas, en el que se administraron tres raciones diferentes conteniendo un 20, 35 y 50 % de alholvas y el resto de pulpa de remolacha, con el objeto de determinar el nivel más adecuado de semillas en la ración.

En la tabla 3 figuran los datos referentes a la composición química, a la energía bruta y al nivel de ingestión de cada una de las raciones. Como puede apreciarse, las raciones fueron bastante semejantes, tanto en lo que a su composición se refiere como al nivel energético. Evidentemente, los experimentos de pulpa y alholvas, por la finalidad perseguida, tienen características especiales.

Como hemos visto en el capítulo anterior, el porcentaje de energía ingerida que se pierde en forma de heces, orina y metano depende del nivel de ingestión de la ración empleada<sup>26 54</sup> lo que implica una variación en los valores de energía digestible y metabolizable de acuerdo con el nivel alimenticio a que son determinados. Por ello, hemos procurado realizar todos nuestros experimentos a un nivel nutritivo muy cercano al de mantenimiento, de acuerdo con las normas propuestas por la E.A.A.P.<sup>48</sup> y el A.R.C.<sup>5</sup>, para lo cual, conocida la energía bruta de la ración y supuesta una digestibilidad aproximada de un 80 %, fijamos el nivel de ingestión en la cantidad necesaria para cubrir las necesidades de mantenimiento estimadas en 140 Kcal./peso vivo Kgs. 3/4 de energía digestible, de acuerdo con las recomendaciones del N.R.C.<sup>99</sup>

El nivel de ingestión de las raciones osciló en el conjunto de los experimentos



TABLA 3  
Composición y nivel de ingestión de las raciones experimentales

Ración experimental	En % de la materia seca						M. S. Ingerida grs./p.v.3/4/día
	S.O.	P.B.	G.B.	F.B.	E.L.N.	Kcal./Kg.M.S.	
Pulpa	93,0	12,3	1,2	17,2	62,3	4,156	44,44
Pulpa + algarrobas	93,5	16,8	1,2	11,5	63,9	4,254	41,64
Pulpa + veza	94,7	20,8	1,2	11,4	61,4	4,330	43,58
Pulpa + almortas	95,0	19,4	1,3	11,3	62,9	4,293	44,66
Pulpa + habas	(50 : 50)	19,2	1,4	11,2	63,2	4,290	42,68
Pulpa + yeros	95,1	15,9	1,5	11,1	66,6	4,297	45,98
Pulpa + lentejas	93,2	19,4	1,7	11,1	61,1	4,238	45,16
Pulpa + guisantes	(50 : 50)	18,0	1,6	11,9	63,3	4,310	41,97
Pulpa + alholvas	(49,3 : 50,7)	20,8	3,9	13,9	56,2	4,552	39,68
Pulpa + alholvas	(65 : 35)	18,2	3,0	15,0	58,1	4,428	36,22
Pulpa + alholvas	(80 : 20)	15,6	2,2	15,9	59,9	4,311	36,86

entre 600 y 800 grs. de materia seca, según el tipo de ración y el peso de los corderos que la consumían.

Antes de dar comienzo al período previo de cada experimento, las raciones, que habían de ser distribuidas diariamente a cada animal a través de todo el período experimental, se pesaron en una balanza de sensibilidad de 1 gr., para ser luego almacenadas en bolsas de plástico hasta el momento de su distribución. Previamente, se tomaban dos muestras representativas de cada alimento constituyente de la ración, destinándose una de ellas a la determinación de la humedad, con el objeto de conocer el contenido en sustancia seca de cada alimento, y la otra para los restantes análisis de laboratorio.

### VI. 1. 3. Colección de heces.

Las heces fueron recogidas todos los días después de ser administrada la primera comida, trasladándose a continuación a una estufa de circulación forzada de aire, donde se desecaban a 40-45° C. durante un período de 24 horas, al final del cual eran almacenadas separadamente las heces de cada cordero en recipientes de plástico cerrados.

La desecación de las heces, durante 24 horas y a la citada temperatura, no parece dar lugar a pérdidas significativas de nitrógeno ni de energía, pues MARTÍN<sup>87</sup>, incubando heces frescas a 37° C, encontró que las pérdidas de nitrógeno eran despreciables y GRAHAM<sup>62</sup> encontró sólo pequeñas pérdidas de nitrógeno y energía en heces mantenidas 24 horas a 35° C.

FULLER y CADENHEAD<sup>156</sup>, sometiendo heces de cerdo a temperaturas de 1, 18, 26 y 37° C., tampoco encontraron diferencias significativas en las pérdidas de nitrógeno y energía durante las 24 primeras horas, ni tampoco en los ocho días posteriores de almacenamiento a 18° C. en cubos cerrados.

### VI. 1. 4. Colección de orina.

La orina se recogió diariamente y al mismo tiempo que las heces, en botellas de plástico de 2,200 l. de capacidad y después se pasó a bidones de 25 l., donde, congelada a —10° C., era almacenada hasta concluir el período de colección.

Al final del experimento, la totalidad de orina eliminada por cada cordero se descongelaba, pesaba y una vez homogeneizada, se procedía a tomar una muestra de 200 grs. Esta muestra se congelaba a —25° C. y parte de ella era posteriormente liofilizada, con el objeto de realizar sobre el liofilizado los análisis calorimétricos.

El resto se utilizaba para determinar el contenido en nitrógeno.

La orina de los rumiantes, al ser generalmente de reacción alcalina, puede sufrir pérdidas de su contenido en nitrógeno, en forma de amoníaco volátil, para evitar las cuales es necesario acidificar esta orina hasta un pH por debajo de 7, aunque



aún en orinas acidificadas puede haber pérdidas significativas de amoníaco, debido a los restos de orina que permanecen en el embudo y tubo de colección.<sup>87</sup>

Determinaciones calorimétricas y del contenido en carbono, realizadas por NIJKAMP<sup>104</sup> con orina alcalina preservada con formalina y orina ácida, demuestran que el calor de combustión y el C determinados en orinas alcalinas eran más bajos que en las orinas acidificadas, lo cual se explica por las pérdidas de C ocurridas en el proceso de desecación de la orina. Esto confirma la necesidad de usar orina acidificada en las determinaciones calorimétricas.

Para acidificar la orina puede usarse CIH o  $\text{SO}_4\text{H}_2$ , aunque es más conveniente utilizar este último, ya que el CIH añadido en exceso, probablemente, se oxidaría en la bomba calorimétrica para dar  $\text{Cl}_2$  que reaccionaría con las paredes metálicas de la bomba, afectando a ésta seriamente<sup>104</sup>; sin embargo, el  $\text{SO}_4\text{H}_2$  puede usarse sin peligro, aunque por su carácter higroscópico, en cantidades excesivas, puede dificultar la desecación de la orina.

En nuestros experimentos hemos usado  $\text{SO}_4\text{H}_2$  al 25 % para acidificar la orina, depositándolo en las botellas de colección de orina antes de que comenzase la colección del día y en cantidad suficiente para mantener el pH alrededor de 4. Las orinas con un pH inferior a 4 presentan dificultad en su desecación. La cantidad de  $\text{SO}_4\text{H}_2$  a añadir en la orina de cada cordero se fija durante el período previo del experimento.

## VI. 2. MÉTODOS ANALÍTICOS

### VI. 2. 1. Determinaciones químicas.

El análisis de los principios inmediatos fue realizado mediante las técnicas convencionales del esquema de Weende, de acuerdo con las normas y métodos de la A.O.A.C.<sup>4</sup> Las determinaciones fueron realizadas sobre muestras molidas, usando molinos de martillos provistos de parrillas de 0,5 mm. de paso.

La humedad se determinó por desecación en estufa a 100-105° C. durante 48 horas; para la proteína se siguió el método macro-Kjeldahl, usando una mezcla de sulfato de potasio y selenio como catalizador de la digestión. La determinación de la grasa bruta se realizó mediante extracción con Soxhlet con éter y durante 6-8 horas.

La fibra bruta se determinó sometiendo las muestras a dos ebulliciones de 30 minutos con  $\text{SO}_4\text{H}_2$  0,255 N y NaOH 0,313 N, pesando después el residuo procedente de la filtración e incinerando en horno de mufla a 550° C. El contenido en fibra viene determinado por la diferencia entre el peso del residuo y el de las cenizas. Para la determinación de cenizas se siguió el método clásico de incineración de la muestra a 550° C. en horno de mufla.

Las materias extractivas libres de nitrógeno y la materia orgánica fueron calculadas por diferencia.

La determinación de los ácidos sulfúrico y nítrico, formados durante la combustión de las muestras en la bomba calorimétrica, se realizó en el agua procedente de los lavados de la misma, mediante valoración con NaOH 0,1 N. El contenido en  $\text{SO}_4\text{H}_2$  era determinado aisladamente mediante precipitación con  $\text{Cl}_2\text{Ba}$ , filtración a través de papel libre de cenizas y combustión del papel y residuo en horno de mufla a 800° C. El contenido en  $\text{SO}_4\text{Ba}$  se calcula por diferencia entre el peso del residuo y el de las cenizas.

El ácido nítrico formado se calcula por diferencia entre el valor obtenido para los dos ácidos en la valoración y el contenido en sulfúrico determinado por precipitación.

El contenido en nitrógeno de la orina se determinó aplicando el método Kjeldahl sobre la orina fresca.

### VI. 2. 2. Determinaciones calorimétricas en alimentos y heces.

Antes de proceder a la determinación de los calores de combustión, el calorímetro fue contrastado, calculando su equivalente en agua mediante la combustión de ácido benzoico puro de valor calórico, certificado por la British Chemical Standards, Bureau of Analysed Samples.

Las muestras de los diversos alimentos y heces una vez molidos mediante un molino de laboratorio Culatti con parrilla de 0,5 mm. de paso, fueron prensadas en forma de pastillas de un peso aproximado de 1,3 a 1,6 grs. Esta cantidad da lugar, durante su combustión, a un incremento de temperatura de 2,0 a 2,2° C. La combustión se realizó del modo ordinario, en crisoles de cuarzo y en atmósfera de oxígeno puro a 25 at. La ignición se provocó mediante incandescencia, empleando aproximadamente 9 cm. de hilo, cuyo valor de combustión fue tenido en cuenta en los cálculos.

Todas las muestras fueron analizadas como mínimo por triplicado, no aceptándose una amplitud de variación superior al 1 % del valor medio.

Al mismo tiempo que las determinaciones calorimétricas, se realizaron paralelamente determinaciones de humedad, con el objeto de poder referir los resultados al contenido en materia seca de la muestra.

Previamente a la combustión, se colocan 10 ml. de agua destilada en el fondo de la bomba, con el objeto de recoger en ella los ácidos sulfúrico y nítrico formados durante la combustión de la muestra. Se realizaron análisis de estos ácidos en el agua procedente de la bomba y de sus lavados, sustrayéndose del calor de combustión de la muestra 0,73 cal. por mgr. de ácido sulfúrico y 0,23 cal. por mgr. de ácido nítrico formado. Debido a que los valores de corrección encontrados fueron muy pequeños, se decidió prescindir de esta corrección en las determinaciones calorimétricas de alimentos y heces; no así en el caso de la orina en que tal corrección es más importante.

### VI. 2. 3. Liofilización de la orina.

Para realizar una combustión completa de la orina en la bomba calorimétrica, con el fin de determinar su calor de combustión, es necesario someter previamente la muestra de orina a un proceso de desecación, debido a la elevada proporción de agua que contiene.

Ante la imposibilidad de desecar la orina a temperaturas elevadas, ya que esto daría lugar a la descomposición de la urea con importantes pérdidas de nitrógeno y carbono, se han ideado una serie de técnicas destinadas a eliminar el agua de la orina, sin que por ello se vea afectada su composición, generalmente, desecando la orina en vacío y a bajas temperaturas.<sup>15</sup>

DE BAERE y col.<sup>42</sup> desecan la orina en el vacío y a 40° C. de temperatura, por medio de un rotovapor, recuperando el ácido sulfúrico el amoníaco liberado, lo que les permite calcular la cantidad de urea descompuesta y sumar su valor calórico al calor de combustión del residuo de orina desecada.

Otros autores realizan una absorción de la orina con una sustancia que facilite su combustión, calculando después por diferencia el calor de combustión de la orina. GRAHAM<sup>60</sup>, por ejemplo, absorbe la orina en bloques de celulosa de valor calórico conocido, que después seca a + 20° C. en un desecador de vacío. Un método semejante es también practicado por BLAXTER y col.<sup>25</sup>

NIJKAMP<sup>104</sup> encuentra que el método de absorción de orina con celulosa, además de ser muy laborioso, con muchas manipulaciones que pueden ocasionar pérdidas, presenta el inconveniente de que el cálculo de la energía de la orina por diferencia se basa en una relación, Kcal./celulosa/Kcal. orina, desfavorable. Para disminuir esta dificultad, propone el uso de láminas de polietileno, las cuales, dispuestas en forma de bolsa, podrían contener la orina para su desecación y promover la completa combustión del residuo de orina en la bomba calorimétrica, con la ventaja sobre la celulosa de que sólo 1/3 de la energía producida procede del polietileno, mejorando así las condiciones del cálculo por diferencia.

Una modificación del método de NIJKAMP es empleada por FULLER y CADENHEAD<sup>56</sup> que añaden la orina a láminas de polietileno en forma de disco y colocadas en placas de Petri, con lo que se amplía la superficie y se facilita la desecación, impidiendo la formación de espuma. La orina es desecada posteriormente por liofilización y después la lámina de polietileno doblada en forma de pequeño cilindro, con el residuo de la orina en su interior, queda dispuesta para la combustión.

EKERN y REID<sup>49</sup> también emplean muestras liofilizadas para determinar la energía bruta de la orina y DURNIN<sup>47</sup> en experimentos de metabolismo humano, encuentra que los valores calorimétricos de la orina liofilizada son muy reproducibles y la técnica relativamente sencilla.

SCHNEIDER<sup>128</sup> liofiliza también la orina para determinar su valor calórico y cita como ventajas de este método la sencillez del manejo, la rapidez y sobre todo que el calor producido en la combustión procede únicamente de la orina.

Teniendo en cuenta las ventajas que ofrece la liofilización sobre otros métodos de desecación, hemos adoptado este método en nuestro trabajo, para lo cual dispusimos de un liofilizador mod. A.V. 57-25 (Alto Vacío, S.L., Madrid). Para liofilizar la orina se depositaban 100 ml. de la muestra en recipientes de plástico de 100 cm.<sup>2</sup> de superficie, con el objeto de mantener una favorable relación, superficie/volumen, que facilite la desecación. Una vez congelada la orina era llevada al liofilizador, donde permanecía hasta su completa desecación. El porcentaje de sólidos era deducido a partir de la diferencia en el peso de la muestra antes y después de ser liofilizada.

### VI. 2.4. Determinaciones calorimétricas en orina.

Una vez desecada, la orina era quemada en forma de polvo en la bomba calorimétrica, pesándose directamente en el mismo crisol en que se iba a realizar la combustión, una cantidad suficiente de residuo de orina para obtener una elevación de temperatura de aproximadamente 1.° C. Todas las determinaciones calorimétricas se realizaron por triplicado como mínimo, no aceptándose los valores que supusieran una amplitud de variación superior al 1,5 % de la media.

Inicialmente, corregimos el calor de combustión de la orina de acuerdo con la cantidad de ácido sulfúrico y nítrico formados, que eran determinados en el agua depositada en la bomba en cada ciclo de combustión. Sin embargo, si se realizan los cálculos sobre la base de que todo el ácido formado es sulfúrico, el error que se comete es despreciable. Por ello y después de comprobarlo en una amplia serie de muestras optamos por realizar la corrección simplificada, con lo que todo el problema analítico queda reducido a una simple valoración acidimétrica.

La energía metabolizable puede variar según que los aminoácidos aportados en la dieta sean retenidos por el animal para la síntesis proteica o sean desaminados y su nitrógeno excretado en la orina. Por esta razón, las pérdidas energéticas de la orina se corrigen *para un balance de nitrógeno cero*. En el caso de un balance positivo, esta corrección consiste en sumar a las pérdidas energéticas en orina, la energía correspondiente a los productos del catabolismo proteico que se habrían originado si no hubiera habido retención de nitrógeno. Por el contrario, en el caso de un balance negativo, se resta de las pérdidas energéticas en orina, la parte correspondiente a los productos del catabolismo de los tejidos animales perdidos, como consecuencia de encontrarse el animal en balance de nitrógeno negativo.

El factor normalmente empleado para estas correcciones, en el caso de los rumiantes, es el de 7,45 Kcal/gr. de nitrógeno propuesto por RUBNER<sup>121</sup>. Sin embargo, MARTÍN y BLAXTER<sup>86</sup> han encontrado, en la orina de ovejas alimentadas únicamente con caseína, valores de 5,48 Kcal/gr. de nitrógeno.

En nuestros experimentos, hemos corregido las pérdidas energéticas de la orina con el factor hallado por MARTÍN y BLAXTER (5,48 Kcal/gr. de nitrógeno), ya que el valor establecido por RUBNER tiene el inconveniente de haber sido obtenido con



perros alimentados con carne, pudiendo haberse excretado en la orina creatinina y otros compuestos nitrogenados procedentes de la carne. Aunque este punto sería discutible, existe otra razón para que hayamos adoptado el factor de MARTÍN y BÁXTER. En la mayoría de nuestras experiencias, los animales se encontraron en balance positivo de nitrógeno y, por lo tanto, en circunstancias más semejantes a las condiciones experimentales en que estos autores determinaron el factor de corrección.

KLEIBER<sup>81</sup> considera esta corrección injustificada y sugiere que los valores energéticos así determinados sean considerados como *energía catabolizable* para distinguirla así del concepto clásico de energía metabolizable; pero la mayoría de los autores<sup>88 89 94</sup> proponen el uso de esta corrección cuando se trata de realizar una valoración energética de una serie de alimentos para poderlos estudiar después comparativamente, ya que la corrección para el equilibrio nitrogenado permite obtener unos valores más independientes de las condiciones particulares de alimentación que han prevalecido durante las pruebas experimentales.

#### VI. 2. 5. Cálculo de las pérdidas energéticas en metano.

La determinación de la energía perdida en forma de metano es necesaria para poder llegar al conocimiento de la energía metabolizable, pero esta determinación exige el uso de un complejo y costoso equipo. Con el objeto de eliminar este inconveniente han sido propuestas fórmulas de predicción por diversos autores.

SWIFT y col.<sup>133</sup> proponen una ecuación en la que la cantidad de metano producido se calcula a partir de los hidratos de carbono digeridos, en tanto que ARMSTRONG y col.<sup>6</sup> predicen las pérdidas calóricas en metano partiendo de la digestibilidad de la energía en la dieta.

Más recientemente, BLAXTER y CLAPPERTON<sup>24</sup> ensayando 48 tipos de raciones diferentes, observaron también una elevada correlación entre las pérdidas calóricas debidas al metano y la digestibilidad de la energía aportada por la ración, y establecen una ecuación, útil para predecir las pérdidas energéticas gaseosas en una amplia gama de raciones.

En nuestro caso, debido a la imposibilidad de una determinación directa por carácter de cámaras de respiración, hubo de calcularse la producción de metano indirectamente, y para ello utilizamos la ecuación propuesta por BLAXTER y CLAPPERTON:<sup>24</sup>

$$C_m = 3,67 + 0,062 \times D$$

en la que  $C_m$  es igual a las Kcal. perdidas en forma de metano por 100 Kcal. ingeridas, y  $D$  representa la digestibilidad de la energía en la ración empleada.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSION

### VII. 1. PROPORCION OPTIMA DE SEMILLAS EN LA RACION TOTAL PARA LOS FINES PERSEGUIDOS.

Los resultados obtenidos administrando raciones de distinto contenido en alholvas, 20, 35 y 50 % de la ración total respectivamente, se encuentran expresados en la tabla 4.

En dicha tabla se observa que no existen diferencias significativas en la digestibilidad de la energía, en las raciones con los tres niveles de alholvas. La variación que se aprecia en el contenido en energía digestible por Kg. de materia seca, es debida al distinto contenido en energía bruta de las raciones.

El contenido en energía metabolizable por Kg. de materia seca, al contrario de lo que ocurre con la energía digestible, no muestra diferencias significativas, debido evidentemente al efecto compensatorio, como consecuencia del aumento de las pérdidas urinarias en las raciones de mayor contenido proteico.

Teóricamente, cuando se opera con una dieta cuyos componentes tienen una digestibilidad similar, no cabe esperar cambios apreciables en la digestibilidad de la ración total al variar la proporción de los ingredientes, a menos que se produzcan fenómenos de interacción o que cause algún trastorno digestivo por un desequilibrio en la dieta. En nuestro caso, como la digestibilidad de la pulpa es de un 80,9 por 100 muy próxima a la de las semillas de leguminosas, no cabía esperar variaciones en la digestibilidad de la ración total a los tres niveles. Los resultados confirman esta suposición.

Esta similitud en la digestibilidad de los dos componentes de la ración, excluye el empleo de otros métodos más refinados que el de simple diferencia, tales como el de CARBERY<sup>34</sup>, basado en la variación proporcional de la digestibilidad total en relación con los distintos niveles de concentrado en la dieta.

El hecho de que, en la ración con un más alto contenido en alholvas (50 %), no se haya observado una disminución de la digestibilidad respecto a las otras raciones con menor proporción de semillas, muestra la posibilidad de usar las se-

**TABLA 4**  
**Contenido en energía digestible y metabolizable de las raciones con un 20, 35 y 50 % de alholvas en su composición**

	Raciones			
	Pulpa 50 % Alholvas 50 %	Pulpa 65 % Alholvas 35 %	Pulpa 80 % Alholvas 20 %	
ED/EB × 100	81,2	83,0	82,8	N.S.
E. digestible Kcal/Kgs. M.S.	3.698	3.675	3.570	*
E. metabolizable Kcal/Kgs. M.S.	3.059	3.072	3.009	N.S.

N. S. =  $p > 0,05$ ; \* =  $p < 0,05$

millas de leguminosas en concentraciones del 50 % de la ración total, sin que se produzca ningún trastorno digestivo ni existan aparentes efectos asociativos. Concentraciones superiores al 50 % de la ración total posiblemente originasen trastornos digestivos, pues a dicho nivel se observa ya una ligera tendencia al reblandecimiento de las heces.

En vista de la posibilidad de administrar las semillas de leguminosas a concentraciones del 50 % de la ración total, adoptamos este nivel para todas las raciones experimentales, ya que esto nos permite evitar que al realizar los cálculos por diferencia, se acumulen todos los errores experimentales en pequeñas cantidades del alimento problema, lo que daría lugar a una considerable inexactitud en los valores así determinados.

## VII. 2. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Los análisis de la pulpa de remolacha desecada, empleada como ración basal en todos los experimentos, muestran la siguiente composición expresada en porcentaje de su contenido en materia seca: 93 % de materia orgánica; 12,26 % de proteína bruta; 1,18 % de grasa bruta; 17,24 % de fibra bruta y 62,32 % de materias extractivas libres de nitrógeno.

Es de destacar en su composición el porcentaje relativamente alto de proteína bruta. Todas las tablas de composición de alimentos revisadas<sup>40 41 79 98 126</sup> asignan a la pulpa de remolacha un contenido en proteína no superior al 9,5 % de su materia seca y, sin embargo, nuestros análisis muestran un contenido superior (12,26 % de M.S.). Recientemente, ASPLUND y HARRIS<sup>7</sup>, estudiando la pulpa de remolacha, encuentran también una riqueza proteica relativamente alta (11,25 % de M.S.) y muy semejantes a la apreciada en nuestros análisis.

La composición química de las semillas de leguminosas se encuentra expresada en porcentaje de su materia seca en la tabla 5.

**TABLA 5**  
**Composición química y contenido en energía bruta de las semillas de leguminosas**

	Humd.	Expresado en % de la M.S.					Kcal./Kg. de M.S.
		M. O.	Prot.	Grasa	Fibra	E. I. N.	
Algarrobas	11,60	94,46	22,73	1,33	4,40	66,00	4.358
Veza	13,30	96,69	30,28	1,29	4,46	60,66	4.504
Almortas	12,58	97,20	27,60	1,57	4,26	63,77	4.428
Habas	11,68	95,96	26,97	1,80	3,86	63,33	4.442
Yeros	13,39	97,17	19,61	1,84	4,91	70,81	4.439
Lentejas	12,24	93,28	26,46	2,17	4,93	59,82	4.319
Guisantes	11,50	96,64	23,66	2,04	6,57	64,37	4.464
Alholvas	12,31	96,56	29,18	6,46	10,72	50,20	4.936

Como es de esperar, todas las semillas presentan un alto contenido proteico que oscila entre el 23 y 30 % de su materia seca, excepto en el caso de los yeros, en los que se apreció un contenido proteico inferior al del resto de leguminosas y a los valores señalados en la bibliografía<sup>40 59 79</sup>. También el contenido proteico de las algarrobas y los guisantes es un poco más bajo que el indicado en la mayoría de las tablas de composición<sup>40 79 126</sup>.

El contenido en materias extractivas libres de nitrógeno (E.L.N.) es en la mayoría de las leguminosas bastante alto, aunque ligeramente inferior al que suelen presentar los cereales. También es de destacar el escaso porcentaje de grasa que presentan las semillas de leguminosas. En este aspecto, solamente se distinguen las alholvas que presentan un porcentaje más elevado de grasa y de fibra que las demás leguminosas.

En líneas generales, estos resultados concuerdan bastante bien con los valores encontrados en la bibliografía revisada<sup>40 41 59 74 78 79 116 126</sup> y son los de esperar en un tipo de alimentos concentrados de riqueza proteica media.

## VII. 3. CONTENIDO EN ENERGÍA BRUTA

El calor de combustión encontrado para la pulpa de remolacha desecada fue de 4.156 Kcal./Kgr. de materia seca; un valor relativamente bajo, pero aún ligeramente superior al indicado en las tablas de composición de alimentos<sup>40 99</sup> y en buena concordancia con el recientemente determinado por ASPLUND y HARRIS<sup>7</sup> (4.025 Kcal./Kg. de M.S.).

El contenido en energía bruta de las semillas de leguminosas estudiadas, figura junto con su composición química en la tabla 5. Se observa en dicha tabla que estos valores oscilan poco alrededor de un término medio de 4,4 Kcal./gr. de materia seca. Solamente las alholvas presentan un calor de combustión bastante más alto, 4,9 Kcal./gr. de materia seca, debido sin duda al elevado contenido en grasa y fibra que presentan en su composición.

Todos nuestros valores son, por término medio, unas 400 Kcal. más altos que los indicados para dichas leguminosas en las tablas de composición de CUENCA y col.<sup>40</sup> y que el calor de combustión obtenido por BARRERO GONZÁLEZ y SOTO RODRÍGUEZ<sup>12</sup> con las algarrobas (3.794 Kcal./Kg. de M.S.), pero se corresponden bastante bien con el contenido en energía bruta encontrado por HOFFMANN y col.<sup>70</sup> en los guisantes (4.463 Kcal./Kg. de M.S.). SIRBU y col.<sup>130</sup>, estudiando el valor energético de las habas, encuentra un calor de combustión todavía mayor (4.775 Kcal./Kg. de M.S.).

Si comparamos el contenido medio en energía bruta de las semillas de leguminosas con el de otros alimentos concentrados, como los granos de cereales y las tortas de semillas oleaginosas<sup>5 70 99</sup> encontramos que su calor de combustión es inferior al de tortas de semillas oleaginosas y muy semejante al de los granos de cereales. Teniendo en cuenta que todos son alimentos concentrados y por lo tanto



de alta digestibilidad, es de esperar que esta semejanza alcance también a su contenido en energía digestible.

La estimación indirecta de la energía bruta a partir del contenido en principios inmediatos y mediante la ecuación de regresión propuesta por NEHRING y col.<sup>101</sup>, proporciona valores muy aproximados a los determinados directamente, con un error medio de la estimación del 1 % aproximadamente. Sin embargo, su estimación mediante los factores empleados por DE VUYST y VAN BELLE<sup>44</sup> da lugar en todos los casos a valores más altos que los determinados directamente. Esto es de esperar, pues NEHRING y col. obtienen su ecuación trabajando con alimentos concentrados, de composición muy semejante a los alimentos por nosotros aquí estudiados.

#### VII. 4. CONTENIDO EN ENERGÍA DIGESTIBLE

Para la pulpa de remolacha se ha obtenido un contenido en energía digestible de  $3.364 \pm 20$  Kcal./Kg. de materia seca, es decir, un 80,9 % de su energía bruta es digestible. Este valor es muy semejante al determinado recientemente por ASPLUND y HARRIS<sup>7</sup> (3.408 Kcal./Kg. de M.S.) y ligeramente superior a los que figuran en las tablas de composición de alimentos (40,9 %)

En la tabla 6 figuran los valores medios de la digestibilidad de la energía y del contenido en energía digestible de las raciones totales, es decir, la ración basal de pulpa más la leguminosa problema. En las tablas I y II del Apéndice se encuentran los valores obtenidos en cada cordero individualmente.

**TABLA 6**  
Contenido en energía digestible y digestibilidad de la ración total

Raciones	Energía digestible Kcal./Kgr. de M. S.	ED/EB $\times$ 100
Pulpa + almortas	$3.770 \pm 26$	$87,8 \pm 0,6$
Pulpa + alholvas	$3.698 \pm 22$	$81,2 \pm 0,5$
Pulpa + habas	$3.668 \pm 26$	$85,5 \pm 0,6$
Pulpa + algarrobas	$3.641 \pm 35$	$85,6 \pm 0,8$
Pulpa + veza	$3.647 \pm 18$	$84,2 \pm 0,4$
Pulpa + yeros	$3.630 \pm 43$	$84,5 \pm 1,0$
Pulpa + lentejas	$3.606 \pm 22$	$85,1 \pm 0,5$
Pulpa + guisantes	$3.557 \pm 56$	$82,5 \pm 1,3$

Como se puede apreciar en la tabla 6, el contenido en energía digestible de todas las raciones es bastante elevado, oscilando entre un valor de 3.557 Kcal./Kg. M.S. para la ración compuesta por pulpa y guisantes y 3.770 Kcal./Kg. M.S. para la ración que incluye las almortas en su composición, siendo el valor medio para todas las raciones de 3.652 Kcal./Kg. M.S.

En la tabla 7 figuran los valores medios del contenido en energía digestible

de las semillas de leguminosas, encontrándose los valores individuales obtenidos para cada cordero en la tabla III del Apéndice.

Todas las semillas de leguminosas presentan un elevado contenido en energía digestible, que no varía mucho de un valor medio de 3.938 Kcal./Kg. M.S., oscilando entre 3.750 Kcal./Kg. M.S. para los guisantes y 4.168 Kcal./Kg. M.S. para las almortas.

**TABLA 7**  
Contenido en energía digestible y digestibilidad de la energía de las semillas de leguminosas

	Kcal./Kgs. de M. S. Energía digestible	ED/EB $\times$ 100
Almortas	$4.168 \pm 51$	$94,1 \pm 1,2$
Alholvas	$4.021 \pm 43$	$81,5 \pm 0,9$
Habas	$3.972 \pm 52$	$89,8 \pm 1,2$
Algarrobas	$3.928 \pm 71$	$90,1 \pm 1,6$
Veza	$3.924 \pm 35$	$87,1 \pm 0,8$
Yeros	$3.895 \pm 86$	$87,7 \pm 1,9$
Lentejas	$3.850 \pm 44$	$89,1 \pm 1,1$
Guisantes	$3.750 \pm 111$	$84,0 \pm 2,5$

HOFFMANN y col.<sup>70</sup> estudiando el valor energético de varios alimentos, encuentran para los guisantes un contenido en energía digestible de 3.718 Kcal./Kg M.S., un valor muy semejante al nuestro. SIRBU y col.<sup>130</sup> obtienen para las habas un valor medio de 4.154 Kcal./Kg. M.S., ligeramente superior al hallado en nuestro experimento con las habas y muy semejante al obtenido en el caso de las almortas.

Todos los valores de energía digestible hallados son bastante más altos que los indicados en la tabla de composición de alimentos publicada por CUENCA y col.<sup>40</sup>, en la que figura un valor medio para todas las leguminosas de 3.386 Kcal./Kg. M.S.

Comparando nuestros valores con los calculados a partir del contenido en T.D.N., según los datos recopilados por diversos autores, encontramos, como se puede apreciar en la tabla 8, cierta concordancia entre los valores calculados y los determinados directamente, sobre todo para las cifras calculadas a partir de los datos de KELLNERY BECKER<sup>79</sup> en el caso de la veza, yeros y lentejas. El valor hallado experimentalmente para las lentejas resulta ser idéntico al estimado indirectamente, basándose en los datos aportados por las tablas de la D.L.G.,<sup>41</sup> y existe también una gran semejanza entre el contenido en energía digestible determinado en los guisantes y el calculado a partir de los resultados de los experimentos de GONZÁLEZ y ZORITA<sup>59</sup>

Los coeficientes de digestibilidad de la energía de las semillas de leguminosas figuran también en la tabla 7 y los coeficientes individuales correspondientes a cada cordero en la tabla IV del Apéndice. Como se puede apreciar, la digestibilidad

**TABLA 8**  
Comparación de nuestros datos con los valores de Energía Digestible estimados a partir del contenido en T.D.N. de las semillas de leguminosas, según diversos autores (E. D. =  $4,41 \times \text{T.D.N.}$ )

Referencia	Energía Digestible, Kcal./Kgr. de materia seca							
	Algarrobas	Veza	Almortas	Habas	Yeros	Lentejas	Guisantes	Alholvas
Schneider <sup>126</sup>			3.753			3.709	3.837	
Kellner y Becker <sup>79</sup>	3.823	3.938	3.775	3.815	3.845	3.784	3.837	
D. L. G. <sup>41</sup>		3.854	3.285	3.687		3.850	4.114	
González y Zorita <sup>59</sup>		3.628		3.740	3.740		3.770	
Revuelta <sup>116</sup>			3.726					
Datos propios.	3.928	3.924	4.168	3.972	3.895	3.850	3.750	4.021

**TABLA 9**  
Predicción del contenido en Energía Digestible mediante ecuaciones de diversos autores.

Autores	Energía Digestible, Kcal./Kgr. de materia seca.							
	Algarrobas	Veza	Almortas	Habas	Yeros	Lentejas	Guisantes	Alholvas
Heaney <sup>68</sup> y Pigden	4.145	4.053	4.341	4.102	3.984	3.973	3.860	3.813
Armstrong y col. <sup>6</sup>	3.971	4.008	4.235	3.985	3.880	3.763	3.773	4.118
Nehring y col. <sup>101</sup>	3.957	3.923	4.221	3.994	3.977	3.849	3.749	3.876
T.D.N. $\times$ 4.41	3.903	3.788	4.128	3.903	3.885	3.753	3.726	3.823

Heaney y Pigden<sup>88</sup>; E. D. (Kcal./gr.) =  $-0,168 + 0,047 \text{ M.S.D. (Materia seca digestible/gr.)}$   
 Armstrong y col.<sup>6</sup>; E. D. (Kcal./gr.) =  $1,09 \text{ Dd-8,9; Dd} = \text{digestibilidad de la materia seca (grs./100 grs.)}$   
 Nehring y col.<sup>101</sup>;  $Y = 5,39 X_1 + 9,36 X_2 + 3,60 X_3 + 4,24 X_4 \pm 35 \text{ Kcal.}$ ;  $Y = \text{energía digestible (Kcal./100 Kcal)}$ ;  $X_1 = \% \text{ proteína digestible}$ ;  $X_2 = \% \text{ grasa digestible}$ ;  $X_3 = \% \text{ porcentaje fibra digestible}$ ;  $X_4 = \text{porcentaje extractivos libres de nitrógeno digestibles}$ .

varía entre un valor de 81,5 % para las alholvas y un 94,1% para las almortas, pudiendo considerarse como valor medio de todas las semillas un 87,9 %. SIRBU y col.<sup>130</sup> encontraron para las habas un coeficiente de digestibilidad de la energía de 87 % y HOFFMAN y col.<sup>70</sup> obtuvieron con los guisantes una digestibilidad de su energía de 83 %. Ambos valores son muy parecidos a los encontrados en nuestros experimentos.

Tanto la digestibilidad de la energía como el contenido en energía digestible, determinados en todas las semillas de leguminosas, son ligeramente superiores a los valores obtenidos por HOFFMANN y col.<sup>70</sup> en los granos de cereales (3.626, 3441 y 3.446 Kcal./Kg. M.S. para el maíz, cebada y avena, respectivamente) y casi tan altos como los obtenidos por los mismos autores para las tortas de semillas oleaginosas (4.200, 4.051 y 3.841 Kcal./Kg. M.S. para la soja, cacahuete y linaza, respectivamente).

Hemos aplicado nuestros propios datos a algunas de las fórmulas existentes para estimar indirectamente el contenido en energía digestible. Comparando los valores así obtenidos con los determinados experimentalmente, encontramos, como se puede apreciar en la tabla 9, que se obtienen valores muy aceptables mediante las ecuaciones de ARMSTRONG y col.<sup>6</sup> y NEHRING y col.<sup>101</sup>, especialmente con la propuesta por este último. La explicación radica, probablemente, en que NEHRING estableció su ecuación a partir de los datos obtenidos con alimentos concentrados, de características muy semejantes a las semillas de leguminosas por nosotros estudiadas.

A partir del contenido en T.D.N. y mediante el factor 4,41 Kcal./gr. de T.D.N. propuesto por SWIFT<sup>134</sup> también se obtienen valores bastante semejantes, aunque todos ligeramente inferiores a los determinados experimentalmente.

## VII. 5. CONTENIDO EN ENERGÍA METABOLIZABLE

El contenido en energía metabolizable de la pulpa de remolacha fue de  $2.870 \pm 15 \text{ Kcal./Kg. de materia seca}$ , un valor que, siendo superior al indicado en las tablas de composición de alimentos del N.R.C.<sup>99</sup> (2.604 Kcal./Kg. M.S.), resulta ser muy semejante al señalado por ASPLUND y HARRIS<sup>7</sup> (2.877 Kcal./Kg. M.S.). El A.R.C.<sup>5</sup>, por su parte, indica una cifra para la pulpa de 2.940 Kcal./Kg. M.S., sobre la base determinaciones experimentales directas realizadas en cámaras de respiración. Como puede apreciarse, este valor coincide con el obtenido en nuestros experimentos.

El contenido en energía metabolizable de las raciones totales figura en la tabla 10. En la tabla V del Apéndice se encuentran los valores individuales para cada cordero.

En la mencionada tabla 10 se observa que no existe mucha variación alrededor de un valor medio de 3.050 Kcal./Kg. de materia seca, presentando la ración de pulpa y almortas el contenido más alto (3.151 Kcal./Kg. M.S.) y la pulpa y guisantes el contenido más bajo (2.994 Kcal./Kg. M.S.).



**TABLA 10**  
**Contenido en energía metabolizable de las raciones totales en cifras absolutas y como porcentaje de la energía digestible**

Raciones	Energía Metabolizable Kcal/Kgr. de M.S.	EM/ED × 100
Pulpa + Almortas	3.151 ± 23	83,6
Pulpa + Yeros	3.086 ± 37	85,0
Pulpa + Habas	3.060 ± 24	83,4
Pulpa + Alholvas	3.059 ± 23	82,7
Pulpa + Algarrobas	3.037 ± 31	83,4
Pulpa + Veza	3.010 ± 19	82,5
Pulpa + Lentejas	3.000 ± 18	83,2
Pulpa + Guisantes	2.994 ± 40	84,2

También puede observarse en dicha tabla que, por término medio, la energía metabolizable representa el 83,5 % de la energía digestible de la ración total, variando entre un 82,5 % para la ración con veza y un 85,5 % para la ración con yeros, que son precisamente las raciones que presentan en su composición el mayor y menor contenido proteico respectivamente. Esto nos indica que la pérdida urinaria de nitrógeno, que está íntimamente ligada al aporte proteico de la dieta, es la causa principal de la variación encontrada en los valores de energía metabolizable, cuando se expresan como porcentaje de la energía digestible.

En la tabla 11 figura el contenido medio en energía metabolizable de cada una de las semillas de leguminosas, expresado en valor absoluto y como porcentaje de las energías bruta y digestible. En la tabla VI del Apéndice se presentan los valores individuales obtenidos para cada uno de los corderos.

El menor contenido energético corresponde a los guisantes (3.118 Kcal./Kg. M.S.), en tanto que el valor más alto corresponde a las almortas (3.426 Kcal./Kg. M.S.), variando muy poco los valores de todas las semillas alrededor de una cifra media de 3.230 Kcal./Kg. de materia seca.

**TABLA 11**  
**Contenido en energía metabolizable de las semillas de leguminosas, en valores absolutos y como porcentaje de las energías digestible y bruta.**

	Energía metabolizable Kcal/Kgr. de M.S.	EM/ED × 100	EM/EB × 100
Almortas	3.426 ± 46	82,2	77,4
Yeros	3.303 ± 74	84,8	74,4
Habas	3.252 ± 49	81,9	73,5
Alholvas	3.243 ± 45	80,6	65,7
Algarrobas	3.209 ± 63	81,7	73,6
Veza	3.149 ± 38	80,2	69,9
Lentejas	3.131 ± 37	81,3	72,5
Guisantes	3.118 ± 80	83,1	69,8

La única información experimental encontrada en la bibliografía, sobre el contenido en energía metabolizable de las semillas de leguminosas, es el trabajo realizado por HOFFMANN y col.<sup>70</sup> con varios alimentos concentrados, entre ellos los guisantes, para los que obtuvieron un valor de energía metabolizable de 3.133 Kcal./Kg. M.S., que coincide estrechamente con el hallado en nuestro experimento.

HOFFMANN y col.<sup>70</sup> han estudiado el contenido energético de una amplia gama de alimentos concentrados. Los valores de energía digestible hallados por estos autores para los granos de cereales (Ø 3.504 Kcal/Kg. M.S.), son considerablemente inferiores a los correspondientes a las semillas de oleaginosas (Ø 4.031 Kcal/Kg. M.S.). Sin embargo, si se comparan los valores de energía metabolizable, en lugar de los de energía digestible, la diferencia se reduce considerablemente (Ø 3.138 Kcal/Kg. M.S. para los cereales y Ø 3.371 Kcal/Kg. M.S. para las oleaginosas). Este hecho parece indicar que si se expresa la energía metabolizable como porcentaje de la energía digestible, se obtienen valores inferiores para las tortas de semillas de oleaginosas respecto a los granos de cereales.

Un hecho muy semejante ocurre en el caso de las semillas de leguminosas estudiadas, pues aunque su contenido en energía digestible es también superior al de los cereales, presenta un contenido medio en energía metabolizable (3.230 Kcal/Kg. M.S.) muy parecido a los valores encontrados por HOFFMANN y col.<sup>70</sup> para éstos (3.286, 3.107 y 3.022 Kcal/Kg. M.S. para el maíz, cebada y avena, respectivamente).

En las semillas de leguminosas la energía metabolizable representa, por término medio, el 82,5 % de su energía digestible; un valor algo más bajo que el 85 % que BLAXTER y col.<sup>25</sup> consideran adecuado para los granos de cereales y algo mayor que el 79 % que los citados autores aconsejan emplear para los alimentos con un alto contenido proteico. De acuerdo con los resultados de HOFFMANN y col.<sup>70</sup>, la energía metabolizable representa, en el caso de los cereales, un 90 % de su energía digestible, mientras que en las tortas de semillas oleaginosas, este valor se deduce a un 83 % aproximadamente y para los guisantes a un 84,5 %.

El hecho de que, en el caso de las semillas de leguminosas y de las tortas de semillas oleaginosas, el porcentaje de energía digestible que pasa a ser metabolizable sea inferior al observado con los granos de cereales, es consecuencia de las mayores pérdidas urinarias en aquellos alimentos que presentan un elevado contenido en proteína.

En la tabla 11 se puede observar que si expresamos la energía metabolizable como porcentaje de la energía digestible, la cifra más baja corresponde a la veza (82, %) y la mayor a los yeros (84,8 %), que son prácticamente las semillas que presentan el mayor y el menor contenido proteico, respectivamente; habiéndose encontrado una estrecha correlación ( $r = -0,703$ ) entre el contenido en proteína de las semillas y la proporción de energía digestible que pasa a ser metabolizable.

En las semillas de leguminosas estudiadas, se ha obtenido una cifra media del

72,1 % para la energía bruta que es metabolizable, oscilando estos valores entre un 77,4 % para las almortas y un 65,7 % para las alholvas. HOFFMANN y col.<sup>70</sup> encontraron que, en los guisantes, un 70,2 % de su energía bruta pasa a ser metabolizable, cifra muy semejante a la de 69,8 % obtenida en nuestro caso con los guisantes. Según los resultados de dichos autores, los cereales y tortas de semillas oleaginosas presentan también porcentajes de *metabolicidad de la energía bruta* muy próximos al correspondiente a los guisantes, pues aunque las leguminosas y las tortas de semillas oleaginosas presentan como término medio una digestibilidad de la energía más alta que los granos de cereales, el porcentaje de su energía digestible que pasa a ser metabolizable resulta inferior.

En la tabla 12 se compara el contenido en energía metabolizable, obtenido en nuestros experimentos, con los valores estimados indirectamente a partir del contenido en T.D.N., calculado de acuerdo con los datos sobre digestibilidad y composición química obtenidos por diversos autores.

En dicha tabla se puede apreciar que, en general, nuestras cifras son algo más altas que las obtenidas a partir del T.D. N., aunque en algunos casos existe una buena concordancia, como ocurre con las calculadas a partir de los datos recopilados por KELLNER y BECKER<sup>79</sup> para las algarrobas, veza, lentejas y guisantes. También hay bastante similitud, en el caso de la veza y lentejas, entre los valores de energía metabolizable determinados experimentalmente y los estimados a partir de los datos recopilados en las tablas de la D.L.G.<sup>41</sup> Lo mismo sucede con la cifra experimentalmente obtenida para los guisantes y la calculada a partir de los resultados de los experimentos de GONZÁLEZ y ZORITA<sup>59</sup>

De las diversas ecuaciones existentes para estimar la energía metabolizable a partir de los datos de composición química y de la digestibilidad, hemos aplicado a nuestros propios datos las propuestas por AXELSSON<sup>9</sup> NEHRING y col.<sup>101</sup> y ARMSTRONG y col.<sup>6</sup> En la tabla 13 se comparan los resultados de dichas estimaciones con nuestros propios datos experimentales.

En la citada tabla 13 se observa que tanto la ecuación propuesta por AXELSSON, que basa su predicción en los datos de la fibra bruta y la proteína digestible, como la de NEHRING y col., basada en los principios nutritivos digestibles, dan lugar a cifras muy alejadas de las obtenidas experimentalmente. Sin embargo, con la ecuación de ARMSTRON y col., basada en la digestibilidad de la energía, se calcula la energía metabolizable con mayor exactitud, lo cual parece indicar que, como índice de predicción de la energía metabolizable, es más adecuado utilizar las cifras de la digestibilidad de la energía. Con nuestros resultados se obtiene una correlación alta ( $r = + 0,944$ ) entre la digestibilidad y la metabolicidad de la energía bruta, ( $\text{digestibilidad} = \text{E.D./E.B.} \times 100$ ); ( $\text{metabolicidad} = \text{E.M./E.B.} \times 100$ ).

En la tabla 14 se presentan los valores medios de los balances diarios de energía en cada uno de los experimentos, figurando en la tabla VII del Apéndice estos mismos balances referidos a cada uno de los animales empleados. Así mismo, en

TABLA 12  
Comparación de los resultados experimentales con los valores de energía metabolizable calculados a partir del contenido en T.D.N., según diversos autores.  
(E.M. =  $4,41 \times 0,82 = 3,62$  Kcal./gr. T.D.N.)

Autor	Energía metabolizable, Kcal./Kgr. de materia seca							
	Algarrobas	Veza	Almortas	Habas	Yetros	Lentejas	Guisantes	Alholvas
Schneider <sup>126</sup>			3.081			3.044	3.149	
Kellner y Becker <sup>79</sup>	3.138	3.233	3.099	3.131	3.157	3.106	3.149	
D. L. G. <sup>41</sup>		3.164	2.697	3.026		3.160	3.377	
González y Zorita <sup>59</sup>		3.023		3.070	3.070		3.095	
Revuelta <sup>116</sup>			3.059					
Datos propios.	3.209	3.149	3.426	3.252	3.303	3.131	3.118	3.242

TABLA 13  
Predicción del contenido en Energía Metabolizable de las semillas de leguminosas mediante ecuaciones de diversos autores

Autor	Energía metabolizable, Kcal./Kgr. de materia seca							
	Algarrobas	Veza	Almortas	Habas	Yeros	Lentejas	Guisantes	Alholvas
Axelsson <sup>9</sup>	3.348	3.427	3.421	3.411	3.257	3.371	3.229	3.149
Nehring y col. <sup>101</sup>	3.409	3.334	3.612	3.423	3.381	3.294	3.240	3.223
Armstrong y col. <sup>6</sup>	3.168	3.184	3.378	3.219	3.156	3.123	3.044	3.263
Datos propios.	3.209	3.149	3.426	3.252	3.303	3.131	3.118	3.243

Axelsson<sup>9</sup>;  $Y = 3,24 + 0,0014.X_1 - 0,0391.X_2$ ;  $Y$  = energía metabolizable (Mcal./Kgr. M.S.);  $X_1$  = proteína digestible (gramos/kilogramo de M.S.);  $X_2$  = fibra bruta (% de la sustancia seca).  
Nehring y col.<sup>101</sup>;  $Y = 4,08.X_1 + 9,31.X_2 + 3,09.X_3 + 3,82.X_4 \pm 50$ ;  $Y$  = energía metabolizable Kcal./100 grs.;  $X_1$  = % proteína digestible;  $X_2$  = % grasa digestible;  $X_3$  = % fibra digestible.  $X_4$  = % extractivos libres de nitrógeno.  
Armstrong y col.<sup>6</sup>;  $Q = 0,2 + 0,809.D$ ;  $Q$  = energía metabolizable (Kcal./100 Kcal. de energía bruta);  $D$  = digestibilidad de la energía (Kcal./100 Kcal. de energía bruta).



**TABLA 14**  
**Balances de energía en los distintos experimentos**

	Balance diario (Kcal.)											
	Ingeridas			Heces	Digestibles			Orina	Metano	Metabolizables		
	Pulpa	Semilla	Total		Pulpa	Semilla	Total			Pulpa	Semilla	Total
Pulpa + algarroba	1.301	1.321	2.622	378	1.053	1.191	2.244	137	235	899	973	1.872
Pulpa + veza	1.425	1.576	3.001	474	1.154	1.373	2.527	174	267	984	1.102	2.086
Pulpa + almortas	1.222	1.328	2.550	311	989	1.250	2.239	135	232	844	1.028	1.872
Pulpa + habas	1.455	1.548	3.003	436	1.177	1.390	2.567	156	269	1.004	1.138	2.142
Pulpa + yeros	1.662	1.776	3.438	534	1.346	1.558	2.904	129	306	1.148	1.321	2.469
Pulpa + lentejas	1.455	1.512	2.967	442	1.177	1.348	2.525	160	265	1.004	1.096	2.100
Pulpa + guisantes	1.556	1.674	3.230	561	1.260	1.409	2.669	140	284	1.074	1.171	2.245
Pulpa + alholvas	1.276	1.560	2.836	532	1.033	1.271	2.304	152	246	881	1.025	1.906
Pulpa	3.226	—	3.226	614	2.612	—	2.612	103	281	2.228	—	2.228

la tabla XI del Apéndice se recogen todos los resultados de los análisis calorimétricos de heces y orina, así como los datos referentes a las cantidades excretadas por cada cordero en cada uno de los experimentos.

## VII. 6. PERDIDAS ENERGETICAS EN ORINA Y GASES

En el experimento realizado con pulpa como alimento único, las pérdidas urinarias y gaseosas fueron respectivamente de 133 y 361 Kcal./Kg. de materia seca, es decir, un 3,2 % y un 8,7 % de su energía bruta, o bien un 4 % y un 10,7 % de su energía digestible.

En las tablas 15 y 16 figuran las pérdidas energéticas sufridas en la orina y los gases, expresadas en Kcal/Kg. de materia seca ingerida. Así mismo, se indican por separado las cifras medias de los balances de energía, correspondientes a las raciones totales y a cada semilla en particular. En las tablas VIII y IX del Apéndice figuran las cifras individuales de los balances de energía para cada uno de los corderos.

Las pérdidas energéticas en orina varían de unas semillas a otras en relación con su contenido proteico, oscilando alrededor de 302 Kcal./Kg. de materia seca ingerida (tabla 16). Las pérdidas urinarias más elevadas se han obtenido con la veza (368 Kcal./Kg. M.S.) y las más bajas con los yeros (188 Kcal./Kg. M.S.). Estas dos semillas son las que tienen mayor y menor contenido en proteína de todas las estudiadas. Realizado el análisis estadístico de los resultados, se ha encontrado una alta correlación ( $r = + 0,721$ ) entre el contenido proteico de las semillas y la cantidad de energía que se pierde en la orina.

Si se consideran las pérdidas energéticas urinarias en las raciones completas (tabla 15), se observa que las cifras varían en torno a un valor medio de 217 Kcal/Kg. de materia seca ingerida, ordenándose según el contenido proteico de la dieta. Existe, por ello, un elevado coeficiente de correlación ( $r = + 0,718$ ) entre las pérdidas energéticas en orina y la riqueza proteica de la ración.

**TABLA 15**  
**Valores medios de los balances de energía de las raciones totales**

	Grs. M.S. ingerida /día	Kcal/Kgr. de sustancia seca					
		Alimento	Heces	Energía digestible	Orina	Metano	Energía metabolizable
Pulpa + veza	693	4.330	683	3.647	252	385	3.010
Pulpa + alholvas	623	4.552	854	3.698	243	396	3.059
Pulpa + almortas	594	4.293	523	3.370	228	391	3.151
Pulpa + lentejas	700	4.238	632	3.606	227	379	3.000
Pulpa + habas	700	4.290	622	3.668	224	384	3.060
Pulpa + algarrobas	616,3	4.254	613	3.641	222	382	3.037
Pulpa + guisantes	759,6	4.310	753	3.557	185	378	2.994
Pulpa + yeros	800	4.297	667	3.630	161	383	3.086

**TABLA 16**  
Valores medios de los balances de energía de las semillas de leguminosas

	Grs. M.S. Ingerida/día	Kcal./Kg. de materia seca.				
		Alimento	Heces	Energía digestible	Orina	Metano
Veza .....	350	4.504	580	3.924	368	407
Alholvas .....	316	4.936	915	4.021	350	428
Lentejas .....	350	4.319	469	3.850	322	397
Almortas .....	300	4.428	260	4.168	321	421
Algarrobas .....	383,1	4.358	430	3.928	316	403
Habas .....	350	4.422	450	3.972	313	407
Guisantes .....	375	4.464	714	3.750	237	395
Yeros .....	400	4.439	544	3.895	188	404

En las tablas 17 y 18 figuran las pérdidas energéticas por orina y gases correspondientes a las raciones totales y a las semillas de leguminosas, expresadas como porcentajes de su contenido en energía digestible y energía bruta.

Del contenido energético de las semillas de leguminosas un porcentaje considerable (6,7 % de la E. B. y 7,6 % de la E.D.) se pierde en la orina, debido a la gran riqueza proteica de estos alimentos (tabla 18).

Para alimentos, como el maíz y la avena, cuyo contenido en proteína es más bajo, HOFFMANN y col.<sup>70</sup> encontraron que el porcentaje de energía digestible que se pierde en la orina es mucho más bajo (1,5 % y 2,4 %, respectivamente). Sin embargo, para los guisantes estos autores encontraron una cifra de 5,5 %, mucho más cercana a la de 6,3 % obtenida para esta semilla en nuestros experimentos.

BLAXTER y col.<sup>25</sup>, al estudiar las pérdidas energéticas urinarias con 43 raciones diferentes, observaron que, por término medio, el 5,1 % de la energía bruta de la ración se pierde por la orina. En la tabla 17 puede observarse que en las raciones experimentales, empleadas en este trabajo, la energía representa aproximadamente el 5 % de la energía bruta de la ración.

**TABLA 17**  
Porcentajes de las energías bruta y digestible que se pierden en forma de orina y metano, en las raciones experimentales completas.

Ración	E. digestible		E. bruta	
	Orina	Metano	Orina	Metano
Pulpa + veza	6,9	10,5	5,8	8,9
Pulpa + alholvas	6,6	10,7	5,3	8,7
Pulpa + lentejas	6,3	10,5	5,3	8,9
Pulpa + habas	6,1	10,5	5,2	8,9
Pulpa + algarrobas	6,1	10,5	5,2	9,0
Pulpa + almortas	6,0	10,4	5,3	9,1
Pulpa + guisantes	5,2	10,6	4,3	8,8
Pulpa + yeros	4,4	10,5	3,7	8,9

**TABLA 18**  
Porcentaje de las energías bruta y digestible que se pierde en forma de orina y metano, en las semillas de leguminosas

Alimento	% E. digestible		% E. Bruta	
	Orina	Metano	Orina	Metano
Veza .....	9,4	10,4	8,2	9,0
Alholvas .....	8,7	10,6	7,1	8,7
Lentejas .....	8,4	10,3	7,4	9,2
Algarrobas .....	8,0	10,2	7,2	9,2
Habas .....	7,9	10,2	7,1	9,2
Almortas .....	7,7	10,1	7,2	9,5
Guisantes .....	6,3	10,5	5,3	8,8
Yeros .....	4,8	10,3	4,2	9,1

Los resultados de los análisis de las muestras de orina obtenidas en nuestros experimentos, parecían indicar la existencia de cierta correlación entre el calor de combustión de la orina y su contenido en nitrógeno. Efectivamente, realizado el correspondiente análisis estadístico de los resultados de los análisis calorimétricos y de nitrógeno, correspondientes a la orina de todos los corderos que tomaron parte en los experimentos (tabla XI del Apéndice), se encontró un alto coeficiente de correlación ( $r = + 0,944$ ) entre el calor de combustión de la orina y su contenido en nitrógeno.

Las pérdidas energéticas en forma de metano se han calculado a partir de la digestibilidad de la energía mediante la fórmula propuesta por BLAXTER y CLAPPERTON<sup>24</sup> Estas pérdidas han sido muy constantes para todas las semillas de leguminosas, como puede observarse en las tablas 17 y 18, siendo por término medio de 408 Kcal/Kg. de materia seca ingerida, lo que supone un 10,3 % de la energía digestible o un 9,1 % de la energía bruta. HOFFMANN y col.<sup>70</sup> observaron en su experimento con los guisantes unas pérdidas calóricas en forma de metano del 10,2 % de la energía digestible, cifra que es muy semejante a la obtenida en nuestro trabajo.

#### VII.7. CONSIDERACIONES SOBRE LOS BALANCES DE NITRÓGENO

En la tabla 19 figuran los valores medios de los balances de nitrógeno de cada experimento, encontrándose en la tabla X del Apéndice los valores correspondientes a cada uno de los corderos empleados en el total de experimentos.

En la mencionada tabla 19 puede observarse que todos los balances, excepto el de la dieta con lentejas, han sido ligeramente positivos, apreciándose una elevada pérdida de nitrógeno en la orina, debido probablemente al elevado contenido proteico de las raciones, por haber incluido en ellas una gran proporción de semillas. Por el contrario, las pérdidas de nitrógeno en heces son bajas y ponen de manifiesto



TABLA 19

Valores medios de los balances de nitrógeno correspondientes a cada una de las raciones con semillas de leguminosas

Raciones	Grs. de Nitrógeno / día					
	Ingerido			Excretado		
	Pulpa	Semilla	Total	Heces	Orina	Balance
Pulpa + algarrobas	6,14	11,04	17,18	3,67	9,14	+ 4,37
Pulpa + veza	6,72	16,94	23,66	4,78	16,13	+ 2,75
Pulpa + almortas	5,76	13,26	19,02	3,26	13,54	+ 2,22
Pulpa + habas	6,86	15,08	21,94	4,53	13,51	+ 3,90
Pulpa + yeros	7,84	12,56	20,40	5,80	11,74	+ 2,86
Pulpa + lentejas	6,86	14,80	21,66	4,33	18,26	— 0,93
Pulpa + guisantes	7,34	14,17	21,51	6,19	14,41	+ 0,91
Pulpa + alholvas (50 %)	6,02	14,76	20,78	5,11	14,21	+ 1,46
Pulpa + alholvas (35 %)	7,94	10,18	18,12	3,99	10,65	+ 3,48
Pulpa + alholvas (20 %)	9,77	5,82	15,59	4,01	7,81	+ 3,77

la alta digestibilidad de la proteína de las semillas de leguminosas. El hecho de haber incluido en las raciones experimentales una elevada proporción de semillas, ha dado lugar a que se produzca una fuerte descompensación en dichas raciones entre los aportes de energía y de proteína. En todas las raciones la ingestión de energía ha cubierto, aproximadamente, las necesidades de mantenimiento en tanto que la proteína ingerida ha sobrepasado con mucho las necesidades de mantenimiento.

Este supuesto parece confirmarse en el caso del experimento de alholvas, en el que se administraron tres raciones con distintas concentraciones de proteínas pudiendo observarse que a medida que disminuye el porcentaje de alholvas en la ración y con ello el aporte de proteína, las pérdidas de nitrógeno urinario también disminuyen, aumentando significativamente la retención de nitrógeno. Ello parece indicar la existencia de un claro desequilibrio entre la energía y la proteína aportadas por la ración, de tal forma que el aporte energético sería el factor limitante en la utilización del nitrógeno. Para lograr una óptima utilización de la proteína hubiera sido necesario incluir en la ración las semillas a niveles inferiores al 20 %

## VII. 8. ASPECTOS APLICATIVOS

Parece conveniente, llegado este punto, hacer algunas consideraciones sobre el valor nutritivo de las semillas de leguminosas españolas, a la vista de los resultados experimentales por nosotros obtenidos.

En primer lugar, el contenido en energía metabolizable, que por término medio es de 3,2 Mcal/Kg. de materia seca, sitúa las semillas de leguminosas en una posición muy favorable dentro de las tablas de valoración de piensos y forrajes. Prescindiendo de pajas y henos cuyo valor energético es considerablemente inferior, justamente por debajo de las leguminosas se encuentran algunos de los granos de cerea-

les, tales como avena y cebada. El trigo con 3,13 Mcal/Kg. M.S. se encuentra al mismo nivel que las leguminosas y, naturalmente, el maíz sobrepasa el valor energético de nuestras semillas con sus 3,33 Mcal./Kg. M.S. Por encima de estas cifras sólo se encuentran ya algunas tortas de semillas oleaginosas y, como es de suponer, las grasas.

Este alto contenido energético debe ser muy tenido en cuenta en el racionamiento de los animales, pues existe el peligro de subestimar el valor energético de estas semillas, ya que las cifras publicadas en nuestro país quedan muy por debajo de los resultados que nuestros experimentos ponen de manifiesto.

A este respecto, conviene señalar que tanto las cifras de energía bruta como las de energía digestible que figuran en las tablas de composición de alimentos publicadas por CUENCA y col.<sup>40</sup> (Patronato de Biología Animal), son claramente inferiores a los valores en nuestro trabajo obtenidos, como se puede apreciar en la tabla 20. Es de resaltar la notable diferencia existente en el caso de la energía metabolizable de las semillas de habas. Este valor parece excesivamente bajo si tenemos en cuenta que representa el 44 % de la energía digestible.

TABLA 20

Comparación de las cifras indicadas en la tabla de composición de alimentos publicada por Cuenca y col. (P.B.A.) con nuestros propios datos experimentales

	E. bruta		E. digestible		E. metabolizable	
	P. B. A.	Propios	P. B. A.	Propios	P. B. A.	Propios
Algarrobas .....	4.007	4.358	3.526	3.928	—	3.209
Veza .....	3.934	4.504	3.237	3.924	—	3.149
Almortas.....	4.040	4.428	3.389	4.168	—	3.426
Habas .....	3.997	4.442	3.361	3.972	1.489	3.252
Yeros .....	3.982	4.439	3.318	3.895	—	3.303
Lentejas .....	3.985	4.319	3.378	3.850	—	3.131
Guisantes.....	4.026	4.464	3.492	3.750	—	3.118

En nuestro caso, la energía metabolizable de las semillas representa, como término medio, el 82,5 % de la energía digestible, cifra que es muy semejante a las obtenidas por otros autores.

Algunos ejemplos pueden permitir, tal vez, visualizar «*grosso modo*» las consecuencias prácticas que, en el racionamiento del ganado, pueden tener los resultados obtenidos en este trabajo.

Un kilogramo de leguminosas aporta aproximadamente 3.230 Kcal./Kg. M.S. de energía metabolizable y un 20 % de proteína digestible. Utilizando los factores que el A.R.C.<sup>5</sup> señala para la eficiencia de utilización de la energía metabolizable en el caso de la lactación (70 %) y el valor biológico de la proteína (65 %); puede calcularse que un kilogramo de semillas proporciona aproximadamente

2.261 Kcal. de energía y 130 grs. de proteína, ya en forma de leche. Dado que un Kg. de este producto con 7,5 % de grasa, contiene 1.160 Kcal. y un 6 % de proteína, parece correcto considerar que 1 Kg. de leguminosas cubre las necesidades de producción de 2 Kg. de leche de oveja.

Utilizando razonamiento y factores análogos, y teniendo en cuenta la diferencia de composición de la leche en el caso del ganado vacuno, 1 Kg. de una mezcla de concentrados, compuesta de un 40 % de cereales y un 60 % de leguminosas, cubriría las necesidades de producción de 3 Kgs. de leche.

Aplicando un cálculo similar al caso del crecimiento, comprobaríamos que 0,5 Kgs. de una mezcla de concentrados, compuesta por un 70 % de harina de cereales y un 30 de leguminosas, proporcionan aproximadamente la energía y la proteína necesarias para cubrir las necesidades de producción que suponen aumentos de 0,2 Kgs. en el peso vivo de corderos jóvenes.

### VIII. CONCLUSIONES

1.º El contenido en energía bruta de las semillas de leguminosas es de 4.483 Kcal/Kg. de materia seca por término medio, variando entre un valor máximo de 4.936 Kcal/Kg. para las alholvas y un valor mínimo de 4.319 Kcal./Kg. para las lentejas.

2.º El contenido medio en energía digestible de las semillas de leguminosas es de 3.938 Kcal./Kg. de materia seca, oscilando entre un valor máximo de 4.168  $\pm$  51 Kcal./Kg. para las almortas y un valor mínimo de 3.750  $\pm$  111 Kcal./Kg. para los guisantes. La digestibilidad media de la energía es de 87,9 %, variando entre el 90,1 % para las algarrobas y el 81,5 % para las alholvas.

3.º El contenido medio en energía metabolizable de las semillas de leguminosas es de 3.230 Kcal/Kg. de materia seca, variando entre un valor máximo de 3.426  $\pm$  46 Kcal/Kg. en el caso de las almortas y un valor mínimo de 3.118  $\pm$  80 Kcal/Kg. en el caso de los guisantes. Por término medio la energía metabolizable, representa el 82,5 % de la energía digestible, variando entre el 84,8 % para los yeros y el 80,2% para la veza.

4.º Los valores obtenidos en este trabajo para las energías bruta, digestible y metabolizable de las semillas de leguminosas, difieren ampliamente de los que figuran en algunas tablas de composición y valor nutritivo de los alimentos, publicados en España.

5.º Al aplicar a nuestros datos diversas ecuaciones de predicción del valor energético, se ha puesto de manifiesto que las ecuaciones propuestas por D.G. ARMSTRONG y col. y por K. NEHRING y col. proporcionan resultados que concuerdan estrechamente con los experimentales, en lo que a la energía digestible se refiere. En el caso de la energía metabolizable, la mejor concordancia se obtiene mediante la ecuación propuesta por D.G. ARMSTRONG y col.

APENDICE - TABLA I  
Contenido en energía digestible de la ración total.

Cordero	Kcal. de Energía Digestible / Kgr. de materia seca							
	Pulpa + Algarrobas	Pulpa + Veza	Pulpa + Almortas	Pulpa + Habas	Pulpa + Yeros	Pulpa + Lentejas	Pulpa + Guisantes	Pulpa + Alholvas
N.º 1	3.670	3.714	—	3.740	3.680	3.644	3.641	3.713
N.º 2	—	3.610	—	3.606	3.719	3.550	3.464	—
N.º 3	—	3.677	—	3.630	3.661	3.551	3.458	—
N.º 4	3.477	—	3.830	—	3.620	3.671	3.666	—
N.º 5	3.693	3.606	—	—	3.471	3.547	—	—
N.º 6	3.652	—	—	—	—	3.648	—	—
N.º 7	—	3.615	—	3.644	—	—	—	3.691
N.º 8	3.720	—	3.842	—	—	—	—	3.780
N.º 9	3.633	3.659	—	3.718	—	—	—	—
N.º 10	—	—	3.793	—	—	—	—	3.701
N.º 11	—	—	3.759	—	—	—	—	3.666
N.º 12	—	—	3.710	—	—	—	—	—
N.º 13	—	—	3.685	—	—	—	—	—
N.º 14	—	—	—	—	—	—	—	3.709
Valor medio	3.641 $\pm$ 35	3.647 $\pm$ 18	3.770 $\pm$ 26	3.668 $\pm$ 26	3.630 $\pm$ 43	3.606 $\pm$ 22	3.557 $\pm$ 56	3.698 $\pm$ 22

APENDICE - TABLA II  
Coeficientes de digestibilidad de la energía de la ración total.

Cordero	Energía Digestible %							
	Pulpa + Algarrobas	Pulpa + Veza	Pulpa + Almortas	Pulpa + Habas	Pulpa + Yeros	Pulpa + Lentejas	Pulpa + Guisantes	Pulpa + Alholvas
N.º 1	86,3	85,7	—	87,2	85,6	86,0	84,5	81,6
N.º 2	—	83,4	—	84,0	86,5	83,8	80,4	—
N.º 3	—	84,9	—	84,6	85,2	83,8	80,2	—
N.º 4	81,7	—	89,1	—	84,2	86,6	85,0	—
N.º 5	86,8	83,3	—	—	80,8	84,3	—	—
N.º 6	85,8	—	—	—	—	86,1	—	—
N.º 7	—	83,5	—	84,9	—	—	—	79,5
N.º 8	87,5	—	89,5	—	—	—	—	83,0
N.º 9	85,4	84,5	—	86,6	—	—	—	—
N.º 10	—	—	88,3	—	—	—	—	81,3
N.º 11	—	—	87,6	—	—	—	—	80,5
N.º 12	—	—	86,4	—	—	—	—	—
N.º 13	—	—	85,8	—	—	—	—	—
N.º 14	—	—	—	—	—	—	—	81,5
Valor medio	85,6 $\pm$ 0,82	84,2 $\pm$ 0,41	87,8 $\pm$ 0,60	85,5 $\pm$ 0,61	84,5 $\pm$ 1,00	85,1 $\pm$ 0,52	82,5 $\pm$ 1,29	81,2 $\pm$ 0,48



APENDICE - TABLA III

Contenido en Energía Digestible de las semillas de leguminosas y de la pulpa de remolacha desecada

Kcal. de Energía Digestible/Kgr. de materia seca									
Cordero	Algarrobas	Veza	Almortas	Habas	Yeros	Lentejas	Guisantes	Alholvas	Pulpa
N.º 1	3.987	4.057	—	4.117	3.995	3.926	3.918	4.050	3.379
N.º 2	—	3.851	—	3.848	4.072	3.737	3.564	—	3.399
N.º 3	—	3.983	—	3.897	3.957	3.740	3.553	—	3.295
N.º 4	3.595	—	4.287	—	3.875	3.980	3.967	—	—
N.º 5	4.033	3.843	—	—	3.577	3.786	—	—	3.344
N.º 6	3.951	—	—	—	—	3.934	—	—	3.402
N.º 7	—	3.860	—	3.926	—	—	—	3.866	—
N.º 8	4.089	—	4.310	—	—	—	—	4.183	—
N.º 9	3.911	3.948	—	4.074	—	—	—	4.028	—
N.º 10	—	—	4.213	—	—	—	—	3.958	—
N.º 11	—	—	4.147	—	—	—	—	—	—
N.º 12	—	—	4.050	—	—	—	—	—	—
N.º 13	—	—	4.000	—	—	—	—	—	—
N.º 14	—	—	—	—	—	—	—	4.044	—
Valor medio	3.928 ± 71	3.924 ± 35	4.168 ± 51	3.972 ± 52	3.895 ± 86	3.850 ± 44	3.750 ± 111	4.021 ± 43	3.364 ± 20

APENDICE - TABLA IV

Digestibilidad de la energía de las semillas de leguminosas y pulpa de remolacha desecada

Energía digestible %									
Cordero	Algarrobas	Veza	Almortas	Habas	Yeros	Lentejas	Guisantes	Alholvas	Pulpa
N.º 1	91,5	90,1	—	93,1	90,0	90,9	87,8	82,0	81,3
N.º 2	—	85,5	—	87,0	91,7	86,5	79,8	—	81,8
N.º 3	—	88,4	—	88,1	89,1	86,6	79,6	—	79,3
N.º 4	82,5	—	96,8	—	87,3	92,1	88,9	—	—
N.º 5	92,5	85,3	—	—	80,6	87,7	—	—	80,5
N.º 6	90,7	—	—	—	—	91,1	—	—	81,9
N.º 7	—	85,7	—	88,8	—	—	—	78,3	—
N.º 8	93,8	—	97,3	—	—	—	—	84,7	—
N.º 9	89,7	87,6	—	92,1	—	—	—	—	—
N.º 10	—	—	95,1	—	—	—	—	81,6	—
N.º 11	—	—	93,6	—	—	—	—	80,2	—
N.º 12	—	—	91,5	—	—	—	—	—	—
N.º 13	—	—	90,3	—	—	—	—	—	—
N.º 14	—	—	—	—	—	—	—	81,9	—
Valor medio	90,1 ± 1,63	87,1 ± 0,79	94,1 ± 1,16	89,8 ± 1,18	87,7 ± 1,93	89,1 ± 1,12	84,0 ± 2,49	81,5 ± 0,87	80,9 ± 0,48

APENDICE - TABLA V  
Contenido en Energía Metabolizable de la ración total

Kcal./de Energía Metabolizable/Kgr. de materia seca								
Cordero	Pulpa + Algarrobas	Pulpa + Veza	Pulpa + Almortas	Pulpa + Habas	Pulpa + Yeros	Pulpa + Lentejas	Pulpa + Guisantes	Pulpa + Alholvas
N.º 1	3.026	3.073	—	3.138	3.115	3.040	3.053	3.080
N.º 2	—	3.000	—	3.011	3.146	2.956	2.942	—
N.º 3	—	3.059	—	3.021	3.156	2.971	2.910	—
N.º 4	2.907	—	3.212	—	3.061	3.060	3.070	—
N.º 5	3.086	2.975	—	—	2.954	2.956	—	—
N.º 6	3.016	—	—	—	—	3.016	—	—
N.º 7	—	2.955	—	3.034	—	—	—	2.982
N.º 8	3.133	—	3.205	—	—	—	—	3.148
N.º 9	3.057	3.000	—	3.096	—	—	—	—
N.º 10	—	—	3.167	—	—	—	—	3.048
N.º 11	—	—	3.153	—	—	—	—	3.021
N.º 12	—	—	3.074	—	—	—	—	—
N.º 13	—	—	3.096	—	—	—	—	—
N.º 14	—	—	—	—	—	—	—	3.074
Valor medio	3.037 ± 31	3.010 ± 19	3.151 ± 23	3.060 ± 24	3.086 ± 37	3.000 ± 18	2.994 ± 40	3.059 ± 23

APENDICE - TABLA VI

Contenido en Energía Metabolizable de las semillas de leguminosas y de la pulpa de remolacha desecada

Kcal. de Energía Metabolizable/Kgr. de materia seca									
Cordero	Algarrobas	Veza	Almortas	Habas	Yeros	Lentejas	Guisantes	Alholvas	Pulpa
N.º 1	3.168	3.274	—	3.408	3.360	3.211	3.237	3.258	2.897
N.º 2	—	3.128	—	3.154	3.422	3.043	3.014	—	2.880
N.º 3	—	3.246	—	3.174	3.442	3.074	2.950	—	2.814
N.º 4	2.945	—	3.547	—	3.252	3.251	3.270	—	—
N.º 5	3.308	3.080	—	—	3.037	3.043	—	—	2.865
N.º 6	3.166	—	—	—	—	3.163	—	—	2.893
N.º 7	—	3.040	—	3.200	—	—	—	3.092	—
N.º 8	3.403	—	3.533	—	—	—	—	3.418	—
N.º 9	3.248	3.128	—	3.323	—	—	—	—	—
N.º 10	—	—	3.457	—	—	—	—	3.221	—
N.º 11	—	—	3.430	—	—	—	—	3.168	—
N.º 12	—	—	3.273	—	—	—	—	—	—
N.º 13	—	—	3.317	—	—	—	—	—	—
N.º 14	—	—	—	—	—	—	—	3.272	—
Valor medio	3.209 ± 63	3.149 ± 38	3.426 ± 46	3.252 ± 49	3.303 ± 74	3.131 ± 37	3.118 ± 80	3.243 ± 45	2.870 ± 15

APENDICE VII

Balances de energía realizados con cada uno de los corderos que han intervenido en los experimentos con semillas de leguminosas y pulpa de remolacha desecada

							BALANCE DIARIO (Kcals.)								
Grs. S. S. Ingerida			INGERIDO			HECES	E. DIGESTIBLE			ORINA	METANO	E. METABOLIZABLE			
Pulpa	Semilla	Total	Pulpa	Semilla	Total		Pulpa	Semilla	Total			Pulpa	Semilla	Total	
Experimento-PULPA															
Cordero N.º 1	800		800	3.325		3.325	622	2.703		2.703	96	290	2.317		2.317
» N.º 2	800		800	3.325		3.325	606	2.719		2.719	124	291	2.304		2.304
» N.º 3	718		718	2.983		2.983	618	2.365		2.365	90	256	2.019		2.019
» N.º 5	763,5		763,5	3.173		3.173	620	2.553		2.553	91	275	2.187		2.187
» N.º 6	800		800	3.325		3.325	603	2.722		2.722	116	291	2.315		2.315
Experimento-ALGARROBAS															
Cordero N.º 1	313,1	303,2	616,3	1.301	1.321	2.622	360	1.053	1.209	2.262	161	236	899	966	1.865
» N.º 8	313,1	303,2	616,3	1.301	1.321	2.622	329	1.053	1.240	2.293	124	238	899	1.032	1.931
» N.º 9	313,1	303,2	616,3	1.301	1.321	2.622	383	1.053	1.186	2.239	120	235	899	985	1.884
» N.º 4	313,1	303,2	616,3	1.301	1.321	2.622	479	1.053	1.090	2.143	122	229	899	893	1.792
» N.º 5	313,1	303,2	616,3	1.301	1.321	2.622	346	1.053	1.223	2.276	137	237	899	1.003	1.902
» N.º 6	313,1	303,2	616,3	1.301	1.321	2.622	371	1.053	1.198	2.251	156	236	899	960	1.859
Experimento-VEZA															
Cordero N.º 5	343	350	693	1.425	1.576	3.001	502	1.154	1.345	2.499	172	265	984	1.078	2.062
» N.º 1	343	350	693	1.425	1.576	3.001	427	1.154	1.420	2.574	174	270	984	1.146	2.130
» N.º 3	343	350	693	1.425	1.576	3.001	453	1.154	1.394	2.548	160	268	984	1.136	2.120
» N.º 2	343	350	693	1.425	1.576	3.001	499	1.154	1.348	2.502	158	265	984	1.095	2.079
» N.º 7	343	350	693	1.425	1.576	3.001	496	1.154	1.351	2.505	192	265	984	1.064	2.048
» N.º 9	343	350	693	1.425	1.576	3.001	465	1.154	1.382	2.536	190	267	984	1.095	2.079
Experimento-ALMORTAS															
Cordero N.º 13	294	300	594	1.222	1.328	2.550	361	989	1.200	2.189	121	229	844	995	1.839
» N.º 8	294	300	594	1.222	1.328	2.550	268	989	1.293	2.282	143	235	844	1.060	1.904
» N.º 11	294	300	594	1.222	1.328	2.550	317	989	1.244	2.233	128	232	844	1.029	1.873
» N.º 12	294	300	594	1.222	1.328	2.550	346	989	1.215	2.204	148	230	844	982	1.826
» N.º 10	294	300	594	1.222	1.328	2.550	297	989	1.264	2.253	139	233	844	1.037	1.881
» N.º 4	294	300	594	1.222	1.328	2.550	275	989	1.286	2.275	132	235	844	1.064	1.908
Experimento-HABAS															
Cordero N.º 1	350	350	700	1.455	1.548	3.003	358	1.177	1.441	2.618	149	272	1.004	1.193	2.197
» N.º 2	350	350	700	1.455	1.548	3.003	479	1.177	1.347	2.524	150	266	1.004	1.104	2.108
» N.º 3	350	350	700	1.455	1.548	3.003	462	1.177	1.364	2.541	159	267	1.004	1.111	2.115
» N.º 7	350	350	700	1.455	1.548	3.003	452	1.177	1.374	2.551	159	268	1.004	1.120	2.124
» N.º 9	350	350	700	1.455	1.548	3.003	400	1.177	1.426	2.603	165	271	1.004	1.163	2.167
Experimento-YEROS															
Cordero N.º 1	400	400	800	1.662	1.776	3.438	494	1.346	1.598	2.944	143	309	1.148	1.344	2.492
» N.º 2	400	400	800	1.662	1.776	3.438	463	1.346	1.629	2.975	147	311	1.148	1.369	2.517
» N.º 3	400	400	800	1.662	1.776	3.438	509	1.346	1.583	2.929	96	308	1.148	1.377	2.525
» N.º 4	400	400	800	1.662	1.776	3.438	524	1.346	1.550	2.896	141	306	1.148	1.301	2.449
» N.º 5	400	400	800	1.662	1.776	3.438	661	1.346	1.431	2.777	116	298	1.148	1.215	2.363
Experimento-LENTEJAS															
Cordero N.º 1	350	350	700	1.455	1.512	2.967	416	1.177	1.374	2.551	156	267	1.004	1.124	2.128
» N.º 2	350	350	700	1.455	1.512	2.967	482	1.177	1.308	2.485	153	263	1.004	1.065	2.069
» N.º 3	350	350	700	1.455	1.512	2.967	481	1.177	1.309	2.486	143	263	1.004	1.076	2.080
» N.º 4	350	350	700	1.455	1.512	2.967	397	1.177	1.393	2.570	160	268	1.004	1.138	2.142
» N.º 5	350	350	700	1.455	1.512	2.967	465	1.177	1.325	2.502	169	264	1.004	1.065	2.069
» N.º 6	350	350	700	1.455	1.512	2.967	413	1.177	1.377	2.554	176	267	1.004	1.107	2.111
Experimento-GUISANTES															
Cordero N.º 1	378	380	758	1.571	1.696	3.267	507	1.271	1.489	2.760	155	291	1.084	1.230	2.314
» N.º 2	360	360	720	1.496	1.607	3.103	609	1.211	1.283	2.494	108	268	1.033	1.085	2.118
» N.º 3	360	360	720	1.496	1.607	3.103	613	1.211	1.279	2.490	127	268	1.033	1.062	2.095
» N.º 4	400	400	800	1.662	1.786	3.448	515	1.346	1.587	2.933	169	308	1.148	1.308	2.456
Experimento-ALHOLVAS															
Cordero N.º 1	307	316	623	1.276	1.560	2.836	523	1.033	1.280	2.313	147	247	881	1.038	1.919
» N.º 7	307	316	623	1.276	1.560	2.836	581	1.033	1.222	2.255	153	244	881	977	1.858
» N.º 10	307	316	623	1.276	1.560	2.836	530	1.033	1.273	2.306	160	247	881	1.018	1.899
» N.º 11	307	316	623	1.276	1.560	2.836	552	1.033	1.251	2.284	157	245	881	1.001	1.882
» N.º 8	307	316	623	1.276	1.560	2.836	481	1.033	1.322	2.355	144	250	881	1.080	1.961
» N. 15	307	316	623	1.276	1.560	2.836	525	1.033	1.278	2.311	149	247	881	1.034	1.915



APENDICE - TABLA VIII

Balance de energía de las raciones completas de semillas de leguminosas y pulpa de remolacha desecada

		Kcal./Kgr. de S. S.						
		Grs. S.S. Ingerida/día	Alimento	Heces	Energía Digestible	Orina	Metano	Energía Metabolizable
PULPA								
Cordero	N.º 1	800	4.156	777	3.379	120	362	2.897
»	N.º 2	800	4.156	757	3.399	155	364	2.880
»	N.º 3	718	4.156	861	3.295	125	356	2.814
»	N.º 5	763,5	4.156	812	3.344	119	360	2.865
»	N.º 6	800	4.156	754	3.402	145	364	2.893
PULPA + ALGARROBAS								
Cordero	N.º 1	616,3	4.254	584	3.670	261	383	3.026
»	N.º 8	616,3	4.254	534	3.720	201	386	3.133
»	N.º 9	616,3	4.254	621	3.633	195	381	3.057
»	N.º 4	616,3	4.254	777	3.477	198	372	2.907
»	N.º 5	616,3	4.254	561	3.693	222	385	3.086
»	N.º 6	616,3	4.254	602	3.652	253	383	3.016
PULPA + VEZA								
Cordero	N.º 5	693	4.330	724	3.606	248	383	2.975
»	N.º 1	693	4.330	616	3.714	251	390	3.073
»	N.º 3	693	4.330	653	3.677	231	387	3.059
»	N.º 2	693	4.330	720	3.610	228	382	3.000
»	N.º 7	693	4.330	715	3.615	278	382	2.955
»	N.º 9	693	4.330	671	3.659	274	385	3.000
PULPA + ALMORTAS								
Cordero	N.º 13	594	4.293	608	3.685	204	385	3.096
	N.º 8	594	4.293	451	3.842	241	396	3.205
»	N.º 11	594	4.293	534	3.759	215	391	3.153
»	N.º 12	594	4.293	583	3.710	249	387	3.074
»	N.º 10	594	4.293	500	3.793	234	392	3.167
»	N.º 4	594	4.293	463	3.830	222	396	3.212
PULPA + HABAS								
Cordero	N.º 1	700	4.290	550	3.740	213	389	3.138
»	N.º 2	700	4.290	684	3.606	215	380	3.011
»	N.º 3	700	4.290	660	3.630	227	382	3.021
»	N.º 7	700	4.290	646	3.644	227	383	3.034
»	N.º 9	700	4.290	572	3.718	235	387	3.096
PULPA + YEROS								
Cordero	N.º 1	800	4.297	617	3.680	179	386	3.115
»	N.º 2	800	4.297	578	3.719	184	389	3.146
»	N.º 3	800	4.297	636	3.661	120	385	3.156
»	N.º 4	800	4.297	677	3.620	176	383	3.061
»	N.º 5	800	4.297	826	3.471	145	372	2.954
PULPA + LENTEJAS								
Cordero	N.º 1	700	4.238	594	3.644	223	381	3.040
	N.º 2	700	4.238	688	3.550	218	376	2.956
	N.º 3	700	4.238	687	3.551	204	376	2.971
	N.º 4	700	4.238	567	3.671	228	383	3.060
	N.º 5	700	4.238	664	3.574	241	377	2.956
	N.º 6	700	4.238	590	3.648	251	381	3.061

APENDICE - TABLA VIII (Continuación)

Balance de energía de las raciones completas de semillas de leguminosas y pulpa de remolacha desecada

			Kcal./Kgr. de S. S.					
Grs. S. S. Ingerida/día			Alimento	Heces	Energía digestible	Orina	Metano	Energía metabolizable
PULPA + GUISANTES								
Cordero	N.º1	758	4.310	669	3.641	204	384	3.053
	N.º 2	720	4.310	846	3.464	150	372	2.942
	N.º 3	720	4.310	852	3.458	176	372	2.910
	N.º 4	800	4.310	644	3.666	211	385	3.070
PULPA + ALHOLVAS								
Cordero	N.º 1	623	4.552	839	3.713	236	397	3.080
	N.º 7	623	4.552	933	3.619	245	392	2.982
	N.º 10	623	4.552	851	3.701	257	396	3.048
	N.º 11	623	4.552	886	3.666	252	393	3.021
	N.º 8	623	4.552	772	3.780	231	401	3.148
	N.º 15	623	4.552	843	3.709	239	396	3.074

APENDICE - TABLA IX

Balances de energía realizados con las semillas de leguminosas.

		Kcal./Kgr. de S.S.						
		Grs. S.S. Ingerida / día	Alimento	Heces	Energía digestible	Orina	Metano	Energía metabolizable
ALGARROBAS								
Cordero	N.º 1	303,1	4.358	371	3.987	396	405	3.186
»	N.º 8	303,1	4.358	269	4.089	274	412	3.403
»	N.º 9	303,1	4.358	447	3.911	261	402	3.248
»	N.º 4	303,1	4.358	763	3.595	267	383	2.945
»	N.º 5	303,1	4.358	325	4.033	316	409	3.308
»	N.º 6	303,1	4.358	407	3.951	379	406	3.166
VEZA								
Cordero	N.º 5	350	4.504	661	3.843	361	402	3.080
»	N.º 1	350	4.504	447	4.057	367	416	3.274
»	N.º 3	350	4.504	521	3.983	327	410	3.246
»	N.º 2	350	4.504	653	3.851	321	402	3.128
»	N.º 7	350	4.504	644	3.860	418	402	3.040
»	N.º 9	350	4.504	556	3.948	412	408	3.128
ALMORTAS								
Cordero	N.º 13	300	4.428	428	4.000	273	410	3.317
»	N.º 8	300	4.428	118	4.310	347	430	3.533
»	N.º 11	300	4.428	281	4.147	297	420	3.430
»	N.º 12	300	4.428	378	4.050	364	413	3.273
»	N.º 10	300	4.428	215	4.213	333	423	3.457
»	N.º 4	300	4.428	141	4.287	310	430	3.547
HABAS								
Cordero	N.º 1	350	4.422	305	4.117	293	416	3.408
»	N.º 2	350	4.422	574	3.848	295	399	3.154
»	N.º 3	350	4.422	525	3.897	321	402	3.174
»	N.º 7	350	4.422	496	3.926	321	405	3.200
»	N.º 9	350	4.422	384	4.074	338	413	3.323

**APENDICE - TABLA IX (Continuación)**  
Balances de energía realizados con las semillas de leguminosas.

		Kcal./Kgr. de S. S.						
		Grs. S. S. Ingerida/día	Alimento	Heces	Energía Digestible	Orina	Metano	Energía Metabolizable
YEROS								
Cordero	N.º 1	400	4.439	444	3.995	224	411	3.360
»	N.º 2	400	4.439	367	4.072	234	416	3.422
»	N.º 3	400	4.439	482	3.957	107	408	3.442
»	N.º 4	400	4.439	564	3.875	219	404	3.252
»	N.º 5	400	4.439	862	3.577	157	383	3.037
LENTEJAS								
Cordero	N.º 1	350	4.319	393	3.926	313	402	3.211
»	N.º 2	350	4.319	582	3.737	304	390	3.043
»	N.º 3	350	4.319	579	3.740	276	390	3.074
»	N.º 4	350	4.319	339	3.980	324	405	3.251
»	N.º 5	350	4.319	533	3.786	350	393	3.043
»	N.º 6	350	4.319	385	3.934	369	402	3.163
GUISANTES								
Cordero	N.º 1	380	4.464	546	3.918	275	406	3.237
»	N.º 2	360	4.464	900	3.564	167	383	3.014
»	N.º 3	360	4.464	911	3.553	220	383	2.950
»	N.º 4	400	4.464	497	3.967	288	409	3.270
ALHOLVAS								
Cordero	N.º 1	316	4.936	886	4.050	335	430	3.285
»	N.º 7	316	4.936	1.070	3.866	354	420	3.092
»	N.º 10	316	4.936	908	4.028	377	430	3.221
»	N.º 11	316	4.936	978	3.958	367	423	3.168
»	N.º 8	316	4.936	753	4.183	326	439	3.418
»	N.º 15	316	4.936	892	4.044	342	430	3.272

**APENDICE - TABLA X**  
Balances de Nitrógeno correspondientes a cada uno de los corderos que han tomado parte en los experimentos de semillas de leguminosas y pulpa de remolacha.

		Grs. de Nitrógeno/día					
		Ingerido			Excretado		
		Pulpa	Semilla	Total	Heces	Orina	Balance
PULPA							
Cordero	N.º 1	15,68		15,68	5,61	6,84	+ 3,23
»	N.º 2	15,68		15,68	5,33	7,40	+ 2,95
»	N.º 3	14,07		14,07	5,61	5,85	+ 2,61
»	N.º 5	14,96		14,96	5,61	7,18	+ 2,07
»	N.º 6	15,68		15,68	5,06	8,49	+ 2,13
PULPA + ALGARROBAS							
Cordero	N.º 1	6,14	11,03	17,18	3,21	8,45	+ 5,52
»	N.º 8	6,14	11,03	17,18	3,13	12,77	+ 1,28
»	N.º 9	6,14	11,03	17,18	3,71	9,15	+ 4,32
»	N.º 4	6,14	11,03	17,18	4,98	8,75	+ 3,45
»	N.º 5	6,14	11,03	17,18	3,41	8,69	+ 5,08
»	N.º 6	6,14	11,03	17,18	3,56	7,01	+ 6,61

**APENDICE - TABLA X (Continuación)**  
Balances de Nitrógeno correspondientes a cada uno de los corderos que han tomado parte en los experimentos de semillas de leguminosas y pulpa de remolacha.

		Grs. de Nitrógeno/día					
		Ingerido			Excretado		
		Pulpa	Semilla	Total	Heces	Orina	Balance
<b>PULPA + VEZA</b>							
Cordero	N.º 5	6,72	16,94	23,66	4,83	15,81	+ 3,02
»	N.º 1	6,72	16,94	23,66	4,38	17,23	+ 2,05
»	N.º 3	6,72	16,94	23,66	4,39	16,21	+ 3,06
»	N.º 2	6,72	16,94	23,66	5,39	14,62	+ 3,65
»	N.º 7	6,72	16,94	23,66	4,91	16,35	+ 2,40
»	N.º 9	6,72	16,94	23,66	4,80	16,56	+ 2,30
<b>PULPA + ALMORTAS</b>							
Cordero	N.º 13	5,76	13,26	19,02	3,91	12,45	+ 2,66
»	N.º 8	5,76	13,26	19,02	2,54	14,77	+ 1,71
»	N.º 11	5,76	13,26	19,02	3,37	13,76	+ 1,89
»	N.º 12	5,76	13,26	19,02	3,90	12,74	+ 2,38
»	N.º 10	5,76	13,26	19,02	3,09	12,53	+ 3,40
»	N.º 4	5,76	13,26	19,02	2,78	14,96	+ 1,28
<b>PULPA + HABAS</b>							
Cordero	N.º 1	6,86	15,08	21,94	3,82	12,95	+ 5,17
»	N.º 2	6,86	15,08	21,94	5,25	12,86	+ 3,83
»	N.º 3	6,86	15,08	21,94	4,67	12,87	+ 4,40
»	N.º 7	6,86	15,08	21,94	4,81	13,06	+ 4,07
»	N.º 9	6,86	15,08	21,94	4,08	15,80	+ 2,06
<b>PULPA + YEROS</b>							
Cordero	N.º 1	7,84	12,56	20,40	5,36	11,64	+ 3,40
»	N.º 2	7,84	12,56	20,40	5,06	12,80	+ 2,54
»	N.º 3	7,84	12,56	20,40	5,23	12,70	+ 2,47
»	N.º 4	7,84	12,56	20,40	6,17	12,00	+ 2,23
»	N.º 5	7,84	12,56	20,40	7,19	9,56	+ 3,65
<b>PULPA + LENTEJAS</b>							
Cordero	N.º 1	6,86	14,80	21,66	3,86	19,78	— 1,98
»	N.º 2	6,86	14,80	21,66	4,82	15,64	+ 1,20
»	N.º 3	6,86	14,80	21,66	5,00	18,47	— 1,81
»	N.º 4	6,86	14,80	21,66	3,75	17,71	+ 0,20
»	N.º 5	6,86	14,80	21,66	4,66	18,25	— 1,25
»	N.º 6	6,86	14,80	21,66	3,90	19,73	— 1,97
<b>PULPA + GUISANTES</b>							
Cordero	N.º 1	7,41	14,36	21,77	5,45	14,04	+ 2,28
»	N.º 2	7,06	13,61	20,67	7,09	12,89	+ 0,69
»	N.º 3	7,06	13,61	20,67	6,80	14,25	— 0,38
»	N.º 4	7,84	15,12	22,96	5,43	16,47	+ 1,06
<b>PULPA + ALHOLVAS (50 %)</b>							
Cordero	N.º 1	6,02	14,76	20,78	4,90	14,98	+ 0,90
»	N.º 7	6,02	14,76	20,78	5,22	13,79	+ 1,77
»	N.º 10	6,02	14,76	20,78	4,91	13,90	+ 1,97
»	N.º 11	6,02	14,76	20,78	5,31	15,49	— 0,02
»	N.º 8	6,02	14,76	20,78	5,29	13,28	+ 2,21
»	N.º 14	6,02	14,76	20,78	5,01	13,85	+ 1,92
<b>PULPA + ALHOLVAS (35 %)</b>							
Cordero	N.º 2	7,94	10,18	18,12	4,14	10,63	+ 3,35
»	N.º 4	7,94	10,18	18,12	3,82	10,93	+ 3,37
»	N.º 5	7,94	10,18	18,12	4,00	10,41	+ 3,71
<b>PULPA + ALHOLVAS (20 %)</b>							
Cordero	N.º 6	9,77	5,82	15,59	3,89	7,58	+ 4,17
»	N.º 9	9,77	5,82	15,59	4,14	7,28	+ 4,17
»	N.º 12	9,77	5,82	15,59	4,00	8,57	+ 3,02



Excreción de heces, orina y metano, y calor de combustión y contenido en nitrógeno de heces y orina.

HECES						ORINA						
						METANO (y = 3,67 + 0,062D) Kcal/100 Kcal. ingeridas						
		Calor de combustión	Excretado									
N.º		Kcal/Kgr. S.S.	grs./ día	H. %	S.S. grs./d	N. %	Kcal/gr. de sólido	% sólidos	Kcal/ 100 grs.	grs./ día		
Experimento-PULPA												
Cordero	N.º 1	3,59	3.981	170,6	8,46	156,2	0,73	2,250	3,77	8,482	937	8,71
»	N.º 2	3,60	4.092	159,2	6,93	148,2	2,21	2,321	13,91	32,285	335	8,74
»	N.º 3	3,80	4.185	159,3	7,30	147,7	1,30	2,023	8,37	16,932	450	8,58
»	N.º 5	3,84	4.248	155,3	6,00	146,0	1,11	2,099	5,84	12,258	655	8,66
»	N.º 6	3,44	4.101	156,9	6,27	147,1	1,49	1,933	9,51	18,383	570	8,74
Experimento-ALGARROBAS												
Cordero	N.º 1	3,53	3.968	99,3	8,55	90,8	0,69	2,179	4,92	10,730	1.225	9,02
»	N.º 8	3,58	3.771	94,0	7,00	87,4	1,24	2,074	5,43	10,115	1030	9,09
»	N.º 9	3,74	3.862	106,8	7,00	99,3	0,91	1,717	5,61	9,632	995	8,96
»	N.º 4	4,21	4.055	125,5	5,85	118,2	1,97	2,460	9,44	23,222	444	8,74
»	N.º 5	3,84	3.892	94,3	5,71	88,9	1,87	2,167	10,82	23,447	465	9,05
»	N.º 6	3,77	3.928	102,2	7,50	94,5	0,19	1.474	2,20	3,243	3.690	8,99
Experimento-VEZA												
Cordero	N.º 5	4,17	4.328	126,5	8,40	115,9	2,36	2,169	10,77	23,360	670	8,83
»	N.º 1	4,40	4.289	107,5	7,43	99,5	0,96	2,181	4,16	9,073	1.795	8,99
»	N.º 3	4,28	4.415	111,1	7,58	102,7	1,93	2,054	8,32	17,089	840	8,93
»	N.º 2	4,71	4.362	126,9	9,77	114,5	1,71	2,291	7,04	16,129	855	8,84
»	N.º 7	4,28	4.322	127,8	10,27	114,7	2,28	2,391	10,45	25,010	717	8,85
»	N.º 9	4,59	4.447	113,4	7,75	104,6	1,25	2,420	5,53	13,383	1.325	8,91
Experimento-ALMORTAS												
Cordero	N.º 13	4,68	4.328	90,5	7,77	83,5	2,83	2,183	11,36	24,799	440	8,99
»	N.º 8	3,81	4.014	71,7	6,90	66,7	2,14	2,402	8,10	19,452	690	9,22
»	N.º 11	4,50	4.244	80,5	7,04	74,8	1,60	2,044	6,71	13,715	860	9,10
»	N.º 12	4,72	4.188	89,8	7,95	82,7	0,65	2,263	3,05	6,902	1.960	9,03
»	N.º 10	4,29	4.124	76,6	5,91	72,1	1,83	2,052	8,52	17,483	685	9,15
»	N.º 4	4,06	4.018	73,2	6,54	68,4	2,20	2,270	8,12	18,432	680	9,20
Experimento-HABAS												
Cordero	N.º 1	4,16	4.220	99,3	7,52	91,8	0,55	1,821	2,82	5,135	2.355	9,07
»	N.º 2	4,83	4.403	116,9	7,04	108,7	1,54	2,054	7,51	15,425	835	8,88
»	N.º 3	4,35	4.311	116,0	7,46	107,3	2,06	2,049	10,58	21,678	625	8,91
»	N.º 7	4,45	4.188	116,5	7,31	108,0	0,74	2,177	3,57	7,771	1.765	8,93
»	N.º 9	4,49	4.403	96,8	6,24	90,8	1,23	2,125	5,66	12,027	1.285	9,04
Experimento-YEROS												
Cordero	N.º 1	4,65	4.283	125,3	8,00	115,3	2,91	2,141	14,54	31,130	400	8,98
»	N.º 2	4,70	4.304	116,0	7,12	107,7	2,91	2,260	13,42	30,329	440	9,04
»	N.º 3	4,43	4.309	127,0	7,12	118,1	1,84	1,174	10,47	12,009	690	8,95
»	N.º 4	4,95	4.348	134,8	7,51	124,7	2,45	2,159	12,22	26,383	490	8,89
»	N.º 5	4,74	4.355	160,7	5,60	151,7	1,46	2,173	6,78	14,733	655	8,68
Experimento-LENTEJAS												
Cordero	N.º 1	3,82	4.115	109,7	7,70	101,2	1,92	2,000	8,10	16,200	1.030	9,00
»	N.º 2	4,11	4.107	125,7	6,60	117,4	3,40	2,239	14,25	31,906	460	8,86
»	N.º 3	4,25	4.087	125,7	6,39	117,7	2,43	2,028	9,95	20,179	760	8,86
»	N.º 4	3,80	4.022	106,3	7,13	98,7	2,30	2,059	10,02	20,631	770	9,04
»	N.º 5	4,04	4.033	122,4	5,74	115,4	1,76	2,252	6,95	15,651	1.037	8,90
»	N.º 6	3,78	4.007	109,8	6,10	103,1	1,37	2,583	5,04	13,018	1.440	9,01
Experimento-GUISANTES												
Cordero	N.º 1	4,73	4.401	127,5	9,63	115,2	2,34	2,105	11,36	23,913	600	8,91
»	N.º 2	5,27	4.529	152,5	11,79	134,5	1,79	1,697	8,56	14,526	720	8,65
»	N.º 3	5,12	4.610	150,3	11,60	132,9	1,25	1,854	6,13	11,365	1.140	8,64
»	N.º 4	4,62	4.388	134,0	12,32	117,5	2,84	2,148	13,07	28,074	580	8,94
Experimento-ALHOLVAS												
Cordero	N.º 1	4,53	4.834	118,9	9,00	108,2	2,20	2,193	9,49	20,811	681	8,73
»	N.º 7	4,38	4.873	131,2	9,09	119,3	3,17	2,505	13,09	32,790	435	8,60
»	N.º 10	4,48	4.840	120,8	9,26	109,6	1,44	2,587	5,97	15,444	965	8,71
»	N.º 11	4,73	4.915	123,0	8,69	112,3	1,78	2,387	7,55	18,022	870	8,66
»	N.º 8	5,42	4.921	108,7	10,07	97,7	3,20	2,452	13,02	31,925	415	8,82
»	N.º 14	4,60	4.819	118,8	8,22	109,0	3,12	2,367	13,27	31,410	444	8,72
»	N.º 2	3,88	4.599	113,8	6,34	106,6	2,31	2,117	11,75	24,875	460	8,77
»	N.º 4	3,81	4.400	105,0	4,50	100,3	0,93	2,390	4,20	10,038	1.175	8,88
»	N.º 5	3,87	4.519	110,6	4,37	105,8	1,78	2,335	7,97	18,610	585	8,79
»	N.º 6	3,82	4.327	107,3	5,03	101,9	0,65	2,290	3,37	7,717	1.166	8,85
»	N.º 9	3,71	4.305	117,5	4,90	111,7	0,68	2,350	3,26	7,661	1.070	8,76
»	N.º 12	3,70	4.296	113,8	5,10	108,0	1,49	2,422	7,59	18,383	575	8,80

## IX. RESUMEN

Ha sido estudiado el contenido en energía digestible y metabolizable de las principales semillas de leguminosas que, en España, se destinan a la alimentación de los rumiantes: Algarrobas (*Vicia monanthos*, L); Veza (*Vicia sativa*, L.); Almortas (*Lathyrus sativus*, L.) Haba caballar (*Vicia faba*, L. var *equina*); Yeros (*Vicia ervilia*, L.); Lentejas (*Lens esculenta*, Moench); Guisantes forrajeros (*Pisum arvense*, L); Alholvas (*Trigonella foenum graecum*, L.).

El contenido en energía digestible y metabolizable fue determinado por el método de diferencia, utilizándose pulpa de remolacha desecada como alimento base y estando las raciones experimentales integradas por un 50 % de pulpa de remolacha y un 50% de una de las semillas de leguminosas. Como animales experimentales se utilizaron corderos machos castrados, de raza Churra, de 12-18 meses y de unos 40 kilos de peso vivo. El nivel de ingestión osciló en los distintos experimentos entre 600 y 800 grs. de materia seca por animal y día, lo que equivale a 41,64-45,98 grs. M.S./Pv. 3/4/día. Cada ración fue administrada durante un mes, siendo los períodos de colección de 10 días.

Para la pulpa de remolacha las cifras halladas fueron las siguientes por kilogramo de materia seca: Energía bruta 4.156 Kcal./Kgr.; energía digestible  $3.364 \pm 20$  Kcal./Kgr. y energía metabolizable  $2.870 \pm 15$  Kcal./Kgr.

Las semillas de leguminosas estudiadas presentaron un contenido medio en energía bruta de 4.483 Kcal./Kgr. de materia seca, variando entre 4.936 Kcal./Kgr. para las alholvas y 4.319 Kcal./Kgr. para las lentejas.

El contenido medio en energía digestible fue de 3.938 Kcal./Kgr. de materia seca, oscilando entre un valor máximo de  $4.168 \pm 51$  Kcal./Kgr. y un valor mínimo de  $3.750 \pm 111$  Kcal./Kgr., en el caso de las almortas y los guisantes respectivamente. La digestibilidad de la energía presentó un valor medio de 87,9 %, variando entre el 90,1 % para las algarrobas y el 81,5 % para las alholvas.

El valor medio del contenido en energía metabolizable fue de 3.230 Kcal./Kgr. de materia seca, siendo los valores extremos de  $3.426 \pm 46$  y  $3.118 \pm 80$  Kcal./Kgr. en el caso de las almortas y guisantes, respectivamente. La energía metabolizable representa, por término medio, el 82,5 % de la energía digestible y el 72,1 % de la energía bruta. Se pudo comprobar la existencia de una alta correlación ( $r = + 0,944$ ) entre la digestibilidad de la energía bruta y el porcentaje que de ésta pasa a ser metabolizable.

Las pérdidas energéticas en orina presentaron un valor medio de 302 Kcal./Kgr. de materia seca ingerida, existiendo una estrecha correlación ( $r = + 0,721$ ) entre el contenido proteico de las semillas de leguminosas y la cantidad de energía perdida en la orina. También se observó una elevada correlación entre el contenido en nitrógeno de la orina y su calor de combustión ( $r = + 0,944$ ). Como término medio el 7,6 % de la energía bruta de las semillas de leguminosas se pierde a través de la orina.

Las pérdidas energéticas en forma de metano se calcularon a partir de la digestibilidad de la energía mediante la ecuación propuesta para tal fin por K. L. BLAXTER y J. L. CLAPPERTON ( $y = 3,67 + 0,062 \cdot D$ ). Los valores obtenidos indican que las pérdidas energéticas en forma gaseosa son del orden de 408 Kcal/Kgr. de materia seca ingerida, lo que representa el 9,1 % de la energía bruta y el 10,3 % de la energía digestible.

Se ha puesto de manifiesto que las cifras de energía digestible estimadas mediante las ecuaciones de predicción de K. NEHRING y col. ( $y = 5,39 \cdot X_1 + 9,36 \cdot X_2 + 3,60 \cdot X_3 + 4,24 \cdot X_4 \pm 35$ ) y D. G. ARMSTRONG y col. ( $D.E. = 1,09 \cdot De. 8,9$ ), coinciden en gran medida con los determinados experimentalmente. La ecuación propuesta por D. G. ARMSTRONG y col. ( $K = 0,2 + 0,809 \cdot D$ ) para predecir la energía metabolizable a partir de la digestibilidad de la energía, proporcionó igualmente resultados satisfactorios.

## RESUME

On a étudié la teneur en énergie digestible et métabolisable des principales graines de plantes légumineuses destinées, en Espagne, à l'alimentation des ruminants: Lenteilles d'Auvergne (*Vicia monanthos*, L); Vesce (*Vicia sativa*, L); Lupins (*Lathyrus sativus*, L); Fève équine (*Vicia faba*, L. var. *équine*); Ers (*Vicia ervilia*, L); Lentilles (*Lens esculenta*, Moench); Petits Pois fourragères (*Pisum arvense*, L); Fenugrecs (*Trigonella foenum graecum*, L).

La teneur en énergie digestible et métabolisable fut déterminée par la méthode différentielle, en employant de la pulpe de betterave desséchée comme aliment principal, les rations expérimentales étant formées par un 50 % de pulpe de betterave et un autre 50 % de une des graines de plantes légumineuses. Comme animaux d'expérience on a utilisé des moutons émasculés de race «Churra» âgés 12-18 mois et avec un poids vif moyen de 40 Kgs. Dans chaque preuve on a utilisé de 5-6 animaux. Les périodes de la récolte durèrent 10 jours. Le niveau d'ingestion oscilla, dans les divers expériences, entre 600 et 800 grammes de matière sèche par animal et par jour, ce qui équivaut à 41, 64-45, 98 grammes de matière sèche poids vif  $Kg \frac{3}{4}$  jour.

Les valeurs énergétiques trouvées pour la pulpe de betterave desséchée furent les suivantes: énergie brute 4.256 Kcal/Kg de matière sèche; énergie digestible  $3.364 \pm 20$  Kcal/Kg de matière sèche, et énergie métabolisable  $2.870 \pm 15$  Kcal/Kg de matière sèche.

Les graines de plantes légumineuses étudiées eurent comme valeur moyenne d'énergie brute 4.484 Kcal/Kg de matière sèche, variant entre 4.936 Kcal/Kg pour les fenugrecs et 4.319 Kcal/Kg pour les lentilles.

La teneur moyenne en énergie digestible fut de 3.938 Kcal/Kg de matière sèche, oscillant entre une valeur maximum de  $4.168 \pm 51$  Kcal/Kg et une valeur minimum de  $3.750 \pm 111$  Kcal/Kg de matière sèche, dans le cas des lupins et



des petits pois, respectivement. La digestibilité de l'énergie eut une valeur moyenne de 87,9 %, laquelle varia entre le 90,1 % pour les lentilles d'Auvergne et le 81,5 % pour les fenugrecs.

La teneur moyenne en énergie métabolisable fut de 3.230 Kcal/Kg de matière sèche, les valeurs limites étant de 3.426 Kcal/Kg et 3.118 Kcal/Kg pour les lupins et pour les petits pois, respectivement. L'énergie métabolisable représente, comme moyenne, le 82,5 % de l'énergie digestible et le 72,1 % de l'énergie brute. On a pu prouver l'existence d'une grande corrélation ( $r = + 0,944$ ) entre la digestibilité de l'énergie brute et le pourcentage qui de l'énergie brute passe à être métabolisable.

Les pertes énergétiques en urine eurent une valeur moyenne de 302 Kcal/Kg de matière sèche ingérée, existant une intime corrélation ( $r = + 0,721$ ) entre la teneur protéique des graines de plantes légumineuses et la quantité d'énergie perdue dans l'urine. On observa aussi une grande corrélation entre la teneur en nitrogène dans l'urine et sa chaleur de combustion ( $r = + 0,944$ ). Comme moyenne, un 7,6 % de l'énergie digestible ou un 6,7 % de l'énergie brute des graines de plantes légumineuses se perd à travers l'urine.

Les pertes énergétiques en forme de méthane furent calculées à partir de la digestibilité de l'énergie au moyen de l'équation proposée à cette fin par K. L. BLAXTER et J. L. CLAPPERTON ( $y = 3,67 + 0,062 \cdot D$ ). Les valeurs obtenues indiquent que les pertes énergétiques en forme gazeuse sont de l'ordre de 408 Kcal/Kg de matière sèche ingérée, ce qui représente le 9,1 % de l'énergie brute et le 10,3 % de l'énergie digestible.

On a démontré que les valeurs d'énergie digestible calculées au moyen des équations de prédiction, de K. NEHRING et al., ( $y = 5,39 \cdot X_1 + 9,36 \cdot X_2 + 3,60 \cdot X_3 + 4,24 \cdot X_4 \pm 35$ ) et D. G. ARMSTRONG et al. ( $D. E. = 1,09 \text{ De. } 8, 9$ ), coïncident en grande partie avec les valeurs calculées expérimentalement. L'équation proposée par D. G. ARMSTRONG et al. ( $K = 0,2 + 0,809 \cdot d$ ) pour prédire l'énergie métabolisable à partir de la digestibilité de l'énergie donne également des valeurs satisfaisantes.

### SUMMARY

A study has been carried out on the digestible and metabolizable energy contents in the principal seeds of leguminous plants which, in Spain, are used for ruminants nutrition: One-flowered tare (*Vicia monanthos*, L) Vetch (*Vicia sativa*, L); Chickling vetch (*Lathyrus sativus*, L), Horse beans (*Vicia faba*, L. var *equina*); Lentil vetch (*Vicia ervilia*, L), Lentil (*Lens esculenta*, Moench); Field pea (*Pisum arvense*, L); Fenugrecks (*Trigonella foenum graecum*, L).

The digestible and metabolizable energy contents were determined by the difference method, using dried sugar beet pulp as the basal feed; the experimental rations consisted of 50 % of beet pulp and 50 % of one of the leguminous seeds. The experimental animals were wether lambs of the «Churra breed» from 12 to

18 months old and an average live weight of some 40 Kg. The ingestion level ranged, in the various experiments, between 600 and 800 grams of dry matter per animal and per day, that is, 41.64 to 45.98 gr. DM/LW Kg  $3/4$  per day. Every trial lasted for a month, the collection period being of 10 days.

For the sugar beet pulp the figures found per Kg. dry matter were: Gross energy = 4.156 Kcal.; digestible energy =  $3.364 \pm 20$  Kcal. and metabolizable energy =  $2.870 \pm 15$  Kcal.

The average figure for the gross energy of the eight seeds was: 4.483 Kcal./Kgr. dry matter, ranging between 4.936 Kcal/Kg. for the fenugrecks and 4.319 Kcal/Kgr. for the lentils.

The average digestible energy contents was 3.938 Kcal/Kg. dry matter, varying between a maximum value of  $4.168 \pm 15$  Kcal./Kg. for the chickling vetch and a minimum value of  $3.750 \pm 111$  Kcal./Kgr. for the field peas. The digestibility of the gross energy was of 87.9 % in average, varying between 90.1 % for the one-flowered tare and 81.5 % for the fenugrecks.

The average figure for the metabolizable energy contents was 3.230 Kcal/Kg. dry matter, the maximum and the minimum values being  $3.426 \pm 46$  and  $3.118 \pm 80$  Kcal./Kg., respectively, for the chickling vetch and for the peas. The metabolizable energy represents, as average a 82.5 % of the digestible energy and a 72.1 % of the gross energy. A high correlation ( $r = + 0.914$ ) was found to occur between the digestibility of the gross energy, and the percentage of this energy becoming metabolizable.

The energy losses in urine represented an average value of 302 Kcal./Kg. of dry matter ingested, there being a close correlation ( $r = + 0.721$ ) between the protein contents in the leguminous seeds and the amount of energy lost in the urine. A high correlation between the nitrogen contents in the urine and its combustion heat ( $r = + 0.944$ ) was also observed. A 7.6 % of the digestible energy or a 6.7 % of the gross energy of the leguminous seeds is lost through the urine.

The energy losses as methane were calculated from the digestibility of the energy by the equation proposed to such purpose by K. L. BLAXTER and J. L. CLAPPERTON ( $y = 3,67 + 0.062 \cdot D$ ). The values obtained indicate that the energetic losses in this ware about 408 Kcal/Kg. dry matter ingested, which represents the 9.1 % of the gross energy and 10.3 % of the digestible energy.

It has been shown that the values of digestible energy calculated by means of the prediction equations proposed by K. NEHRING et al. ( $y = 5.39 \cdot X_1 + 9.36 \cdot X_2 + 3.60 \cdot X_3 + 4.24 \cdot X_4 + 35$ ) and by D. G. ARMSTRONG et al. ( $D. E. = 1.09 \text{ De. } 8, 9$ ) greatly coincide with those experimentally found. The equation proposed by D. G. ARMSTRONG et al. ( $K = 0.2 + 0.809 \cdot D$ ) to predict the metabolizable energy from the digestibility of the energy gave satisfactory values too.

## AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro sincero agradecimiento al profesor Dr. E. Zorita por su labor de dirección, que ha ido desde la sugerencia y el planteamiento del tema al consejo y estímulo constantes durante su realización.

Así mismo, al Dr. J. R. Guedas por su generosa y eficaz ayuda en todos los problemas de la práctica experimental.

Queremos agradecer también la constante y laboriosa colaboración prestada por doña Raquel Díez en los análisis calorimétricos, así como la valiosa ayuda de don Angel Herranz y el Dr. F. J. Ovejero en los análisis químicos y en la liofilización de las muestras de orina.

A la señorita Campelo que amablemente se prestó a mecanografiar el manuscrito original con su habitual eficacia y desinterés.

Por último, al Dr. R. Sanz Arias por su certera crítica y consejo en la corrección del original, y a todos los que de una manera u otra han contribuido a la realización de este trabajo.

## X. BIBLIOGRAFIA

1. ABRAMS, J. T. (1961).—*Animal Nutrition and Veterinary Dietetics*. Green & Son Ltd. Edinburgh.
2. AGRICULTURAL EXPERIMENTAL STATION, KANSAS UNIVERSITY OF AGRICULTURE AND APPLIED SCIENCES (1961).—Common names of a selected list of plants. *Technical bulletin*, 117.
3. ALEXANDER, R. A., HENTGES, J. R., MCCALL, J. T. and ASH, W. O. (1962).—Comparative digestibility of nutrients in roughages by cattle and sheep. *J. Animal Sci.*, **21**, 373-76.
4. A.O.A.C. (1965).—*Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists*, Tenth edit. Washington.
5. A.R.C. (1965).—*The Nutrient Requirements of Farm Livestock. N.º 2 Ruminants*. Technical Reviews and Summaries. Agricultural Research Council. London.
6. ARMSTRONG, D. G., BLAXTER, K. L. and WAITE, R. (1964).—The evaluation of artificially dried grass as a source of energy for sheep. III The prediction of nutritive value from chemical and biological measurements. *J. Agric. Sci.*, **62**, 417-24.
7. ASPLUND, J. M. and HARRIS, L. E. (1971).—Associative effects on the digestibility and utilization of nitrogen in sheep fed simplified rations. *J. Animal Sci.*, **32**, 152-56.
8. ATWATER, W. D. and BRYANT, A. P. (1899).—The availability and fuel value food materials. *Storrs. Agric. Expt. Sta. Ann. Rep.*, **73**, 100 - Cit. MAYNARD, L. A. and LOOSLI, J. K. (1969). *Animal Nutrición*, 6.ª Edit. McGraw Hill Book Company, New York.
9. AXELSSON, J. (1954).—Die modernisierung der Futtermittelbewertung, —100 Jahre Mockern. *Die Bewertung der Futterstoffe und andere probleme der Tierernahrung*, p. 71-90, Edit. Nehring, K., Deutsche akademie.
10. BALBOA, J. (1963).—Determinación del valor nutritivo de las proteínas de las semillas de habas (*Vicia faba* L.) y algarrobas (*Ervum monanthus* L.) y sus relaciones suplementarias con las proteínas del maíz y de la cebada. *Ann. Fac. Vet. León*, **9**, 11-88.
11. BALBOA, J., ZORITA, E. y GUEDAS, J. R. (1965).—La harina de habas (*Vicia faba*) como suplemento proteico para cerdos en crecimiento. *Trabaj. Est. Agric. Exper. León*, II, 317-28, León, España.
12. BARRERO GONZÁLEZ, A. y SOTO RODRÍGUEZ, E. (1960). Principios inmediatos y calor de combustión en piensos españoles. *Ann. Inst. Invest. Vet. Madrid*, X, 159-64.
13. BARSAL, C. S. and TALAPATRA, S. K. (1970).—A comparative study on the determinations of digestibility coefficients of feedingstuffs by different species of farm animals. *Indian Vet. J.*, **47**, 348-55. Ref. *Nutrit. Abst. Rev.* 1971, 41, 1347.
14. BATEMAN, J. V. and BLAXTER, K. L. (1964).—The utilization of the energy of artificially dried lucerne. *J. Agric. Sci.*, **63**, 129-31.
15. BATEMAN, J. V. (1970).—*Nutrición Animal. Manual de métodos Analíticos*. Herreros Hermanos Sucesores, S. A., México.
16. BECKER, M., NEHRING, H. (1965).—*Handbuch der Futtermittel*. Verlag Paul Parey. Berlin.
17. BEEVER, D. E., THOMSON, D. J. and HARRISON, D. G. (1971).—The effects of drying and the comminution of red clover on its subsequent digestion by sheep. *Proc. Nutrition Soc.*, **30**, 86 A.
18. BLAXTER, K. L., GRAHAM, N. M. and WAIMAN, F. W. (1956). Some observations on the digestibility of food by sheep and on related problems. *Brit. J. Nutrition*, **10**, 69-91. Ref. *Nutrit. Abstr. Rev.*, **26**, 1104.
19. BLAXTER, K. L., (1956-B).—The nutritive value of feeds as sources of energy. A review. *J. Dairy Sci.*, **39**, 1396-1424.
20. BLAXTER, K. L. (1961).—The utilization of the energy of food by ruminants. *Proc. 2nd. Symposium on Energy Metabolism*, 211. E. A. A. P. publ. N.º 10.
21. BLAXTER, K. L. (1962).—The Energy Metabolism of Ruminants.—*Hutchinson Scientific and Technical*. London.
22. BLAXTER, K. L. (1962-B).—Progress in assessing the energy value of feeding-stuffs for ruminants. *J. Roy. Agric. Soc. Engl.*, **123**, 7-12.
23. BLAXTER, K. L., and WAIMAN, F. W. (1964).—The utilization of the energy of different ratios by sheep and cattle for maintenance and for fattening.—*J. Agric. Sci.*, **63**, 113-128.
24. BLAXTER, K. L. and CLAPPERTON, J. L. (1965).—Prediction of the amount of methane produced by ruminants.—*Brit. J. Nutrition*, **19**, 511-522.
25. BLAXTER, K. L., CLAPPERTON, J. L. and MARTIN, A. K. (1966).—The heat of combustion of the urine of sheep and cattle in relation to its chemical composition and to diet.—*Brit. J. Nutrition*, **20**, 449-460.
26. BLAXTER, K. L. (1969).—The efficiency of Energy Transformations in ruminants. Energy Metabolism of Farm Animals. *Proc. of the 4th. Symposium on Energy Metabolism*, p. 21. Edit. Blaxter, K. L., Kielanowski, J. and Thorbek, G., Oriel Press Ltd. (E.A.A.P. publ. N.º 12).
27. BLAXTER, K. L. (1969-B).—Energy Metabolism of Farm Animals. *Proc. of the 4th. Symposium on Energy Metabolism*, p. 87.—Edit. Blaxter K. L., Kielanowski, J. and Thorbek, G. Oriel Press Ltd. (E.A.A.P. Publ. N.º 12).
28. BLAXTER, K. L. and NEHRING, K. (1969-C).—Opening statement on the progress of studies of Energy Metabolism in farm animals in Western countries and in Comecon countries. Energy Metabolism of Farm Animals. *Proc. of the 4th. Symposium on Energy Metabolism*, p. 1. Edit. Blaxter, K. L., Kielanowski, J. and Thorbek, G., Oriel Press Ltd. (E.A.A.P. publ. N.º 12).
29. BOZHINOVA, O. and ZHELYAZKOV, T. (1972).—Effect of chopping, grinding and pelleting of lucerne hay in fattening yearling rams. *Nutrit. Abstr. Rev.* **42**, 345.
30. BREIREM, K. (1969).—Energy Metabolism of Farm Animals. *Proc. of the 4th. Symposium on Energy Metabolism*, p. 83-85.—Edit. Blaxter K. L., Kielanowski, J. and Thorbek, G., Oriel Press Ltd. (E. A. A. P. Publ. N.º 12).
31. BROUVER, E., VAN ES, A. J. H. and NIJKAMP, H. J. (1961).—Nutritive value of early and late cut hay for maintenance of cows.—*Proc. of the 2nd. Symposium on Energy Metabolism*, 153-162, E.A.A.P. Publ. N.º 10.
32. BROWN, L. D. (1966).—Influence of intake on feed utilization.—*J. Dairy Sci.*, **49**, 223-228.
33. CAMPBELL, J. R. and MERILAN, C. P. (1961).—Effects of frequency of feeding on production characteristics and feed utilization in lactating dairy cows.—*J. Dairy Sci.*, **44**, 644-671.
34. CARBERY, M., CHATTERJEE, I. and HYE, M. A. (1934).—*Indian J. Vet. Sci.*, **4**, 295. Ref. Schurch, A. (1969).—*Handbuch der Tierernahrung*, erster band. Edit. Lenkeit, W., Breirem, K., Creseman, E., Verlag Paul Parey. Hamburg und Berlin.
35. CLAPPERTON, J. L. (1964).—The effect of walking upon the utilization of food by sheep. *Brit. J. Nutrition*, **18**, 39-46.
36. COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION, Australia (1953). Standardized plant names. Bulletin N.º 272.
37. CONRAD, H. R. and HIBBS, J. W. (1953).—A high roughage sistem for raising dairy calves based on the early development of rumen function. III Effect of rumen inoculations and the ratio of hay to grain on digestion and nitrogen retention.—*J. Dairy Sci.*, **36**, 1326-1334.
38. CORBETT, J. L., LANGLANDS, J. P., McDONALD, I. and PULLAR, J. D. (1966).—Comparison by direct animal calorimetry of the net energy values of one early and a late season growth of herbage.—*Animal Prod.*, **8**, 13-27.
39. CRAMPTON, E. W. (1961).—*Nutrición Animal Aplicada*. Edit. Acirbia, Zaragoza, España.
40. CUENCA, C. L. DÍAZ YUBERO, I. and CUENCA, C. L. (h) (1966).—Tablas de composición de cien alimentos para el ganado.—*Congreso Mundial de Alimentación Animal*. II Comunicaciones libres p. 423.—Federación Internacional Veterinaria de Zootecnia.
41. D.L.G. (1968).—*Futterwerttabelle für Wiederkauer*, 4 Auf.—D.L.G.—Verlag. Frankfurt am Main.
42. DE BAERE, R., PAQUAY, R. and LOUSSE, A. (1966). Nouvelle methode de determination de la valeur calorifique des matieres fecales des urines et du lait.—*Ann. Med. Vet.*, II, 81-94.
43. DE REGUERAL BAILLY, F. G. y CARBALLO CAABEIRO (1967).—Contribución al estudio de las leguminosas. Datos botánicos y análisis de algunas leguminosas espontáneas españolas. *Inst. Nac. Invest. Agronom.*, Madrid.



44. DE VUYST, A. and VANBELLE, M. (1964).—Le concept actuel de l'utilisation de l'énergie chez le ruminant.—*Zootechnia*, XIII, N.º 4.
45. DENISOV, N. I. (1964).—A new system of estimating the nutritive value of feeds and standards of animal feeding.—*Nutrit. Abstr. Rev.* 34, 221. Vestn. sel' skh. Nauki, 1963, N.º 8, 78-85.
46. DENISOV, N. (1969).—Results of studies on the energy value of rations and the energy requirements of animals.—*Energy Metabolism of Farm Animals. Proc. 4th. Symposium on Energy metabolism*, p. 67-89. Edit. Blaxter, K. L., Kielanowski, J. and Thorbek, G., Oriel Press Ltd. (E.A.A.P. Publ. N.º 12).
47. DURNIN, J. V. G. A. (1965).—*Proc. 3rd. Symposium on Energy Metabolism*, p. 156. Edit. Blaxter, K. L. Academic Press. London. (E.A.A.P. Publ. N.º 11).
48. E.A.A.P. (1969).—Methods for determination of digestibility coefficients of feeds for ruminants.—European Association for Animal Production. Report N.º 1 from the Study Commission on Animal Nutrition.
49. EKERN, A. and REID, J. T. (1963).—Efficiency of energy utilization by young cattle ingesting diets of hay, silage and hay supplemented with lactic.—*J. Dairy Sci.* 46, 522-529.
50. ELLIOT, J. M. and LOOSLI, J. K. (1959).—Effect of the dietary ratio of hay to concentrate on milk production, ration digestibility and urinary energy losses.—*J. Dairy Sci.* 42, 836-842.
51. F.A.O./F.E.Z. (1959).—Vocabulario de términos Zootécnicos.—Roma.
52. FLATT, W. P., COPPOCK, C. E. and MOORE, L. A. (1965). Energy balance studies with lactating non pregnant cows, consuming rations with varying hay to grain ratios. *Proc. 3rd Symposium on Energy Metabolism*, 121. Edit. Blaxter, K. L., Academic Press. London. (E.A.A.P. publ. n.º 11).
53. FLATT, W. P., COPPOCK, C. E., MOORE, L. A. and HEMKEN, R. W. (1965-B).—Energy balance studies with dry non-pregnant dairy cows consuming pelleted forages. *Proc. 3rd. Symposium on Energy Metabolism*, 131. Edit. Blaxter, K. L., Academic Press. London. (E.A.A.P. publ. N.º 11).
54. FLATT, W. P., MOE, P. W., MOORE, L. A. and VAN SOEST, P. J. (1969).—Estimation and prediction of the energy value of feeds for ruminants. *Energy Metabolism of Farm Animals. Proc. 4th Symposium on Energy Metabolism*, 59-65. Edit. Blaxter, K. L., Kielanowski, J. and Thorbek, G., Oriel Press Ltd. (E.A.A.P. publ. n.º 12).
55. FLATT, W. P., MOE, P. W. and MOORE, L. A. (1969-B). Influence of pregnancy and ration composition on energy utilization by dairy cows. *Energy Metabolism of Farm Animals. Proc. 4th Symposium on Energy Metabolism*, p. 123. Edit. Blaxter, K. L., Kielanowski, J. and Thorbek, G., Oriel Press Ltd. (E.A.A.P. publ. n.º 12).
56. FULLER, M. F. and CADENHEAD, A. (1969).—The preservation of faeces and urine to prevent losses of energy and nitrogen during metabolism experiments. *Energy Metabolism of Farm Animals. Proc. 4th Symposium on Energy Metabolism*, p. 455. Edit. Blaxter, K. L., Kielanowski, J. and Thorbek, G., Oriel Press Ltd. (E.A.A.P. publ. n.º 12).
57. GARDNER, R. W. and AKBAR, M. (1970).—Effect of pelleting rations on minimum protein requirements. *J. Dairy Sci.*, 53, 1618-21.
58. GLOVER, J., DUTHIE, D. W. and DOUGALL, H. W. (1960). The total digestible nutrients and gross digestible energy of ruminants feeds.—*J. Agric. Sci.* 55, 403-408.
59. GONZÁLEZ, G. y ZORITA, E. (1956).—Experimentos de alimentación con ovidos.—*Anal. Edaf. Fisiol. Veg.*, XV, N.º 9-10, 661-675.
60. GRAHAM, N. M. (1964).—Energy efficiency of fattening sheep. I Utilization of low-fibre and high-fibre food mixtures.—*Austral. J. Agric. Res.* 15, 100-112.
61. GRAHAM, N. M. (1964-B).—Energy exchanges of pregnant and lactating ewes.—*Austral. J. Agric. Res.* 15, 127-141.
62. GRAHAM, N. M. (1964-C).—Energy efficiency of fattening sheep. II Effect of undernutrition. *Austral. J. Agric. Res.*, 15, 113-126.
63. GRAHAM, N. M. (1967).—Effects of feeding frequency on energy and nitrogen balance in sheep given a ground and pelleted forage.—*Austral. J. Agric. Res.*, 18, 467-483.
64. GRAHAM, N. M. (1969).—Relation between metabolizable and digestible energy in sheep and cattle.—*Austral. J. Agric. Res.* 20, 1117-1122.
65. HAENSCH, G. and HABERKAM, G. (1966).—*Dictionary of Agriculture*. III Edition.—Elsevier publishing company. London.
66. HANSSON, N. (1944).—*Alimentación de los animales domésticos*. Versión española de la sexta edición por Carda Gómez P.—Edit. Viuda de Juan Pueyo. Madrid.
67. HARDISON, W. A. (1959).—Evaluating the nutritive quality of forage on the basis of energy. A review.—*J. Dairy Sci.*, 42, 489-500.
68. HEANEY, D. P. and PIDGEN, W. (1963).—Interrelationship and conversion factors between expressions of the digestible energy values of forages.—*J. Animal Sci.*, 22, 956-960.
69. HOBSON, P. N. (1969).—Microbiology of Digestion in ruminant and its nutritional significance.—*Nutrition of Animal of Agricultural Importance*, Vol. 1 p. 62.—Edit. Cuthbertson D., Pergamon Press. London.
70. HOFFMANN, L., SCHIEMANN, R. and NEHRING, K. (1963).—Die energetische verwertung der futterstoffe. 4 Mitteilung, Die energetische Verwertung der Kraftfutterstoffe durch Schafe. *Arch. Tierernahrung*, 13, 163-175.
71. HOFFMANN, L. (1969).—*Energy Metabolism of Farm Animals. Proc. 4th. Symposium on Energy Metabolism*, p. 87.—Edit. Blaxter, K. L., Kielanowski, J. and Thorbek, G., Oriel Press Ltd. (E.A.A.P. Publ. N.º 12).
72. JENTSCH, W., SHIEMANN, R. and WITTENBURG, H. (1971).—Über gesamtstoffwechselversuche mit ausgewachsenen Schafen und wachsenden Bullen bei verabreichung von gemahlener und pelletirtem alleinmischfutter.—*Arch. Tierernahrung*, 21, 55-64.
73. JOHNSON, R. R., RICKETTS, G. E., KLOSTERMAN, E. W. and MOXON, A. L. (1964).—Studies on the utilization and digestion of long ground and pelleted alfalfa and mixed hay.—*J. Animal Sci.*, 23, 94-99.
74. JOHRI, P. N., PRASAD, T. and KHAN, N. A. (1963).—Chemical composition, digestibility and nutritive value of khesari (*Lathyrus sativa*) grains.—*Indian J. Dairy Sci.*, 16, 116-120.
75. JONES, G. M., LARSEN, R. E., JAVED, A. H., DONEFER, E. and GAUDREAU, J. M. (1972). Voluntary intake and nutrient digestibility of forages by goats and sheep.—*J. Animal Sci.*, 34, 830-838.
76. KAISHIO, Y., HASHIZUME, T. and MORIMOTO, H. (1961). Energy value of wild grass hay and rice straw for maintenance.—*Proc. 2nd. Symposium on Energy Metabolism*, p. 165. (E.A.A.P. Publ. N.º 10).
77. KANE, E. A. (1962).—Estimated net energy and total digestible nutrient relationship of classes of feeds.—*J. Dairy Sci.*, 45, 629-632.
78. KANEV, S., PEHLIVANOV, M. and JOVCEV, N. (1966).—Sravnitelni izslednija varhu sastara, smlaemostta i hranitelnata stojnost na njakoi zarneno-bobovi furazi pri ovce; swine. *Zivotnovadni Nauki*, 3, 207-214.
79. KELLNER, O. und BECKER, M. (1971).—Universal Futterwertabellen.—Verlag Paul Parey. Berlin.
80. KLEIBER, M. (1961).—*The Fire of Life*.—John Wiley and Sons, Inc. London.
81. KLEIBER, M. (1965).—The unit for measuring feed energy.—*World Rev. Animal Prod.*, 2, 5-20.
82. KLEIBER, M. (1972).—Joules vs. Calories in Nutrition.—*J. Nutrition*, 102, 309-312.
83. KOSANOVIC, M. (1969).—Comparative evaluation of the energy value of feeds and Total Nutrients as a means of evaluating feeds for ruminants. —*Nutrit. Abstr. Rev.*, 39, 612. Thörn. Rad. Inst. Stocartvo Novisad, 1967, 1, 99-144.
84. KROMANN, R. P. and MEYER, J. H. (1966).—Energy metabolism in sheep as influenced by interactions among the ration's energy content, physical form and buffers.—*J. Animal Sci.*, 25, 1096-1101.
85. LOFGREEN, G. P. and GARRET, W. N. (1968).—A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle.—*J. Animal Sci.*, 27, 793-806.
86. MARTIN, A. K. and BLAXTER K. L. (1961).—The utilization of the energy of protein by ruminants.—*Proc. 2nd. Symposium on Energy Metabolism*, p. 200. (E.A.A.P. Publ. n.º 10).
87. MARTIN, A. K. (1966).—Some errors in the determination of nitrogen retention of sheep by nitrogen balance studies.—*Brit. J. Nutrition*, 20, 325-337.
88. MAYNARD, L. A. and LOOSLI, J. K. (1969).—*Animal Nutrition*, 6.º Edit.—McGraw Hill Book Co. Inc. New York.
89. McDONALD, P., EDWARDS, R. A. and GREENHALGH, J. F. D. (1966).—*Animal Nutrition*. Oliver and Boyd Ltd. London.
90. MINISTERIO DE AGRICULTURA, Secretaría General Técnica (1972).—*Censo de la ganadería española, septiembre 1971*.
91. MINISTERIO DE AGRICULTURA, Secretaría General Técnica (1971).—*La Agricultura Española en 1971*. Madrid.
92. MINSON, D. J. (1963).—The effect of pelleting and wafering on the feeding value of roughages. A review.—*J. Brit. Grassland Soc.*, 18, 39-44.
93. MINSON, D. J. and MILFORD, R. (1966).—The energy values and nutritive indices of Digitaria decumbes, Sorghum almun, and Phaseolus artropurpureos.—*Austral. J. Agric. Res.*, 17, 411-423.



94. MITCHEL, H. H. (1964).—*Comparative Nutrition of Man and Domestic Animals*. Vol. II.—Academic Press, New York and London.
95. MOE, P. W., REID, J. T., and TYRRELL, H. F. (1965).—Effect of level of intake on digestibility of dietary energy by high-producing cows. *J. Dairy Sci.*, **48**, 1053-1061.
96. MOORE, L. A., IRVIN, H. M. and SHAW, J. C. (1953).—Relationship between TDN and energy values of feeds.—*J. Dairy Sci.*, **36**, 93-97.
97. MORGAN, D. E. and JONES, M. G. S. (1965).—The energy value of barn-dried hay. *J. Brit. Grassland Soc.*, **20**, 174-176.
98. MORRISON, F. B. (1959).—*Feeds and Feeding*. 22 Edit. The Morrison Publishing Company, Clinton, Iowa.
99. N. R. C. (1968).—*Nutrient Requirements of Domestic Animals*. N.º 5. *Nutrient Requirements of Sheep*. Fourth revised edition.—National Research Council. National Academy of Science, Publ. N.º 1693. Washington.
100. NEHRING, K. und WERNER, A. (1956).—*Wiss. Abhl. Dt. Landwirtschaftswiss V/1*, 1. Cit. por Becker, M., Nehring (1965).—*Hanbuch der Futtermittel*.—Verlag Paul Parey. Berlin.
101. NEHRING, K., HOFMANN, L., SCHIEMANN, R. und JENTSCH, W. (1963).—Die energetische Verwertung der Futterstoffe.—*Arch. Tierernahrung*, **13**, 193-213.
102. NEHRING, K. (1969).—Investigations on the scientific basis for the use of Net Energy for Fattening as a measure of feed value. Energy Metabolism of Farm Animals. *Proc. 4th. Symposium on Energy Metabolism*, p. 5. Edit. Blaxter, K. L., Kielanowski, J. and Thorbek, G., Oriel Press Ltd. (E. A. A. P., Publ. N.º 12).
103. NEHRING, K., SCHIEMANN, R. und HOFFMANN, L. (1969-B).—A new system of energetic evaluation of food on the basis of Net Energy for Fattening.—Energy Metabolism of Farm Animals.—*Proc. 4th. Symposium on Energy Metabolism*, p. 41. Edit. Blaxter, K. L., Kielanowski, J. and Thorbek, G., Oriel Press Ltd. (E. A. A. P. Publ. N.º 12).
104. NIJKAMP, H. J. (1965).—Some remarks about the determinations of the heat of combustion and the carbon content of urine. *Proc. 3rd. Symposium on Energy Metabolism*, p. 147. Edit. Blaxter, K. L., Academic Press, London. (E. A. A. P. Publ. N.º 11).
105. NIJKAMP, H. J. (1971).—Some remarks and recommendations concerning Bomb Calorimeter.—*Ztschr. Tierphysiol. Tierernahrung Futtermittelk.*, **27**, 115-121.
106. O. C. D. E. (1969).—*Statistiques agricoles 1955-1968*. Organisation de cooperation et de developement economiques. París.
107. O. C. D. E. (1969).—*Le developpement de l'agriculture en Europe meridionale*.—Rapport adopté pour le Comité de l'Agriculture et pour le Conseil de l'Organisation. Organisation de cooperation et de developpement economiques. París.
108. OCIO, E., GONZÁLEZ G. y BARROS, L. (1967).—Valor biológico de las semillas de Alholvas (*Trigonella foenum greco* L.) desmucilaginas/ por maceración y presión en frío y desmucilaginas y peladas manualmente.—*Actas de V Reunión Científica de la Sociedad Ibérica de Nutrición Animal*. (S. I. N. A.). Barcelona. 33-48.
109. O'SHEA, J. (1971).—Calculation of starch equivalent or net energy value of roughages from digestibility data.—*Nutrit. Abstr. Rev.*, **41**, 237.
110. OVEJERO, F. J. (1967).—Energía Digestible y Metabolizable de las pajas de leguminosas para los óvidos.—*Trabj. Est. Agric. Exper. León*. IV, 259-306.
111. PALADINES, O. L., REID, J. T., VAN NIEKERK, B. D. H. and BENSADOU, A. (1964). Energy utilization by sheep as influenced by the physical form, composition and level of intake of diet. *J. Nutrition*, **83**, 49-59.
112. PALADINES, O. L., REID, J. T., VAN NIEKERK, B. D. H. and BENSADOU, A. (1964-B). Relationship between the nitrogen content and the heat of combustion value of sheep urine. *J. Animal Sci.*, **23**, 528.
113. PIATKOWSKI, B. and KORIATH, G. (1971).—Effect of artificially dried clover, chopped or pelleted on digestibility, composition of rumen fluid, rate of feeding and milk yield in cows. *Nutrit. Abstr. Rev.*, **41**, 242. *Arch. Tierzucht*, 1970, **13**, 123-130.
114. PLAN DE DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL III. *Agricultura*. (1972-1975).—Comisaría del Plan de Desarrollo Económico y Social. Presidencia del Gobierno.
115. REVUELTA, L. R. (1953).—*Bromatología Zootécnica y Alimentación Animal*. Salvat Edit. S. A. Madrid.
116. REVUELTA, L. R. (1964).—Contribución al conocimiento de los coeficientes de digestibilidad en piensos españoles. 2.º Avena, almortas y tortas de girasol.—*Rev. Nutrición Animal*. Madrid, **2**, 231-242.
117. RITTENHOUSE, L. R., STREETER, C. L. and CLANTON, D. G. (1972).—Estimating digestible energy from digestible dry and organic matter in diets of grazing cattle.—*Nutrit. Abstr. Rev.*, **42**, p. 705. *Journal of Range Management* (1971). **24**, 73-75.
118. ROBERT, D. V., PRESTON, R. L., CAHILL, V. R. and KLOSTERMAN, E. W., (1972).—Net energy evaluation of cattle-finishing rations containing varying proportions of corn grain and corn silage.—*J. Animal Sci.*, **34**, 851-856.
119. ROOK, J. F. A. and BALCH, C. C. (1961).—The effects of intraruminal infusions of acetic, propionic and butyric acids on the yield and composition of the milk of the cow.—*Brit. J. Nutrition*, **15**, 361-369.
120. RONDA LAÍN, E., MORALES GILGEO, J. F. y OTERO CORTÉS (1963).—Proporción de aminoácidos contenidos en las leguminosas en grano cultivadas en España.—*Rev. Nutrición Animal*, Madrid, I, 24-32.
121. RUBNER, M. (1904).—*Die gesetze des energie everbrauchs bei der ernahrung*. Leipzig und Vienna Deuticke.—Cit. Mitchell, H. H. (1964). *Comparative Nutrition of Man and Domestic Animals*. Vol. II.—Academic Press New York and London.
122. SANZ ARIAS, R. y RODRÍGUEZ GUEDAS, J. (1965). Las semillas de veza (*Vicia sativa* L.) en la alimentación de los pollos de carne. *Trabaj. Est. Agric. Exper. León*, II, 347-62.
123. SCHIEMANN, R. (1969).—The scientific demands made of a system for evaluating feeds as energy sources and progress made towards their realization.—Energy Metabolism of Farm Animals. *Proc. 4th. Symposium on Energy Metabolism*, p. 31 Edit. Blaxter, K. L., Kielanowski, J. and Thorbek, G., Oriel Press Ltd. (E. A. A. P. Publ. N.º 12).
124. SCHIEMANN, R. (1969-B).—Energy Metabolism of Farm Animals. *Proc. 4th. Symposium on Energy Metabolism*, p. 88. Edit. Blaxter, K. L., Kielanowski, J. and Thorbek, G., Oriel Press Ltd. (E. A. A. P. Publ. N.º 12).
125. SCHIEMANN, R., JENTSCH, W., WITTENBURGH, H. and HOFFMANN, L. (1971).—Comparative trials on digestibility of rations by cattle and sheep and some considerations on measurements of rumen physiology. 1.º/ Trials with 24 rations widely different in ingredients and nutritive contents.—*Nutrit. Abstr. Rev.*, **41**, 1054. *Viss. Ztschr. Univ. Rostock, Math. Naturwiss. Reihe*, 1968, **17**, 867-876.
126. SCHNEIDER, B. H. (1947).—*Feeds of the world, their digestibility and composition*. Agricultural Experiment Station West Virginia University. Morgantown.
127. SCHNEIDER, B. H. (1954).—The total digestible nutrients system of measuring nutritive energy.—*100 Jahre Mockern. Die Bewertung der Futterstoffe und andere probleme der Tierernahrung*. Band II, 233-250. Edit. Nehring, K., Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften. Berlin.
128. SCHNEIDER, W. (1965).—*Proc. 3rd. Symposium on Energy Metabolism*, 165 (E.A.A.P. Publ. N.º 11).
129. SIDHU, K. S. and MAHADEVAN, V. (1970).—Determined and calculated calorific values of some animal feeds.—*Nutrit. Abstr. Rev.*, **40**, 1434. *Indian J. Animal Sci.*, 1969, **39**, 526-528.
130. SIRBU, M., FEREDAN, I., ROSCA, N. and TASCENCO, V. (1967).—Cercetari asupra valorii hranitoare complexe a bobului si soturilor de soia la ovine.—*Lucr. Stiint. Cercet. Zooteh.*, XXV, 517-526.
131. STEYN, J. A., MERWE, J. F. VAN DER (1972).—Comparative digestion and utilization of Nitrogen by Karakul, Damara, Merino and German Merino wethers.—*Nutrit. Abstr. Rev.*, **42**, 347. *Agroanimalia* (1970), **2** 93-98.
132. STIELAV, W. J. (1961).—The lenght of the preliminary feeding period required in digestibility experiments with sheep.—*Nutrit. Abstr. Rev.*, **31**, 1007. *S. African J. Agric. Sci.*, 1960, **3**, 433-439.
133. SWIFT, R. W., BRATZLER, J. W., JAMES, W. H., TILLMAN, A. D. and MEEK, D. C. (1948).—The effect of dietary fat on utilization of the enrgy and protein of rations by sheep. *J. Animal Sci.* **7**, 475-485.
134. SWIFT, R. W. and FISHER, K. H. (1964).—Energy Metabolism.—*Nutrition. A comprehensive treatise* Vol. I, p. 181. Edit. Beaton, G. H. and McHenry, E. W., Academic Press. London.
135. THOMSON, D. J. and CAMMELL, S. B. (1971).—The utilization of chopped and pelleted lucerne by goring lambs.—*Proc. Nutrition Soc.*, **30**, 88A.
136. THOMSON, D. J. BEEVER, D. E., COELHO DE SILVA, J. F. and ARMSTRONG, D. G. (1972).—The effect in sheep of physical form on the sites of digestion of a dried lucerne diet. *Brit. J. Nutrition*, **28**, 31-41.
137. TYLER, C. (1959).—The historical development of feeding standards.—*Scientific Principles of feeding farm livestock*. Proc. of a Conference held in Brigtom, 1958. Farmer and Stock breeder publication. London.
138. VAN ES, A. J. H. (1961).—Between-animal variation in the amount of energy required for the maintenance of cows.—Thesis, Wageningen Holland, p. 102.
139. VAN ES, A. J. H. and NIJKAMP, H. J. (1969).—Energy, carbon and nitrogen balanced



- experiments with non-lactating, non-pregnant cows. Energy Metabolism of Farm Animals. *Proc. 4th. Symposium on Energy Metabolism*, p. 203 Edit. Blaxter, K. L., Kielanowski, J., and Thorbek, G., Oriel Press Ltd. (E. A. A. P. Publ. N.º 12).
140. VAN ES, A. J. H. and NIJKAMP, H. J. (1969-B).—Energy carbon and nitrogen balance experiments with lactating cows.—Energy Metabolism of Farm Animals. *Proc. 4th. Symposium on Energy Metabolism*, p. 209. Edit. Blaxter, K. L., Kielanowski, J. and Thorbek, G., Oriel Press Ltd. (E. A. A. P. Publ. N.º 12).
141. VAN SOEST, P. J. (1967).—Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forage.—*J. Animal Sci.*, **26**, 119-128.
142. VARELA, G., FERRER, J. y BOZA, J. (1961).—Experiencias de digestibilidad en cabras de raza granadina.—*Zootecnia*, X, 3-9.
143. WIKTORSSON, H. (1971).—Digestibility experiments with dairy cows consuming different quantities of concentrates.—*J. Dairy Sci.*, **54**, 374;378.
144. WRIGHT, P. L., POPE, A. L. and PHILLIPS, P. H. (1963) Effect of physical form of ration upon digestion and volatile acid production in vivo and in vitro.—*J. Animal Sci.*, **22**, 586-591.
145. ZIOLECKA, A. (1961).—Comparison of digestibility coefficients obtained with 4 and 5 day collection periods in trials with wethers. *Nutrit. Abstr. Rev.*, **31**, 1007. *Rocz. Naukrol* (B) 1960, **75**, 559-567.
146. ZULBERTI, C. A. and REID, J. T. (1971).—An equation suitable for computer use, based on the A. R. C. Feeding System to determine the energy requirements of growing and fattening cattle.—*Animal Prod.*, **14**, 17-23.