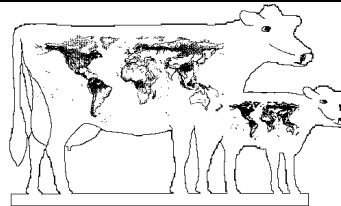


**Instituto Babcock para la Investigación
y Desarrollo Internacional de
la Industria Lechera**
Universidad de Wisconsin-Madison



**Esenciales
Lecheras**

3) METABOLISMO DE CARBOHIDRATOS EN VACAS LECHERAS

Michel A. Wattiaux
Instituto Babcock

Louis E. Armentano

Departamento de Ciencia de Ganado Lechero

CLASES DE CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos son la fuente más importante de energía y los principales precursores de grasa y azúcar (lactosa) en la leche de la vaca. Los microorganismos en el rumen permiten a la vaca obtener energía de los carbohidratos fibrosos (celulosa y hemicelulosa) que son ligados a la lignina en las paredes de las células vegetales. La fibra es voluminosa y se retiene en el rumen donde la celulosa y la hemicelulosa fermentan lentamente. Mientras que madura la planta, el contenido de lignina de la fibra incrementa y el grado de fermentación de celulosa y hemicelulosa en el rumen se reduce. La presencia de fibra en partículas largas es necesaria para estimular la rumia. La rumia aumenta la separación y fermentación de fibra, estimula las contracciones del rumen y aumenta el flujo de saliva hacia el rumen. La saliva contiene bicarbonato de sodio y fosfatos que ayudan a mantener el contenido del rumen en un pH casi neutro. Las raciones que no tienen fibra suficiente producen un porcentaje bajo de grasa en la leche y contribuyen a desordenes tales como desplazamiento del abomaso y acidosis.

Los carbohidratos no-fibrosos (almidones y azúcares) fermentan rápidamente y completamente en el rumen. Estos incrementan la densidad de energía en la dieta, mejorando el suministro de energía y determinando la cantidad de proteína

bacteriana producida en el rumen. Sin embargo, los carbohidratos no-fibrosos no estimulan la rumia o la producción de saliva y cuando se encuentran en exceso pueden inhibir la fermentación de fibra.

En consecuencia, el equilibrio entre carbohidratos fibrosos y no-fibrosos es importante al alimentar las vacas lecheras para la producción eficiente de leche. La Figura 1 resume la transformación de carbohidratos en varios órganos.

PRODUCCION DE ACIDOS GRASOS VOLATILES EN EL RUMEN

La población de microorganismos ruminales, fermenta los carbohidratos para producir energía, gases (metano - CH₄ y dióxido de carbono - CO₂), calor y ácidos. El ácido acético (vinagre), ácido propiónico y ácido butírico son ácidos grasos volátiles (AGV) y conforman la mayoría (>95%) de los ácidos producidos en el rumen (Cuadro 1). También la fermentación de aminoácidos generados en el rumen produce ácidos, llamados iso-ácidos. La energía y los iso-ácidos producidos durante la fermentación son utilizados por las bacterias para crecer (es decir principalmente para sintetizar proteína). El CO₂ y CH₄ son eructados, y la energía todavía presente en el CH₄ se pierde, o se usa para el mantenimiento de la temperatura corporal.

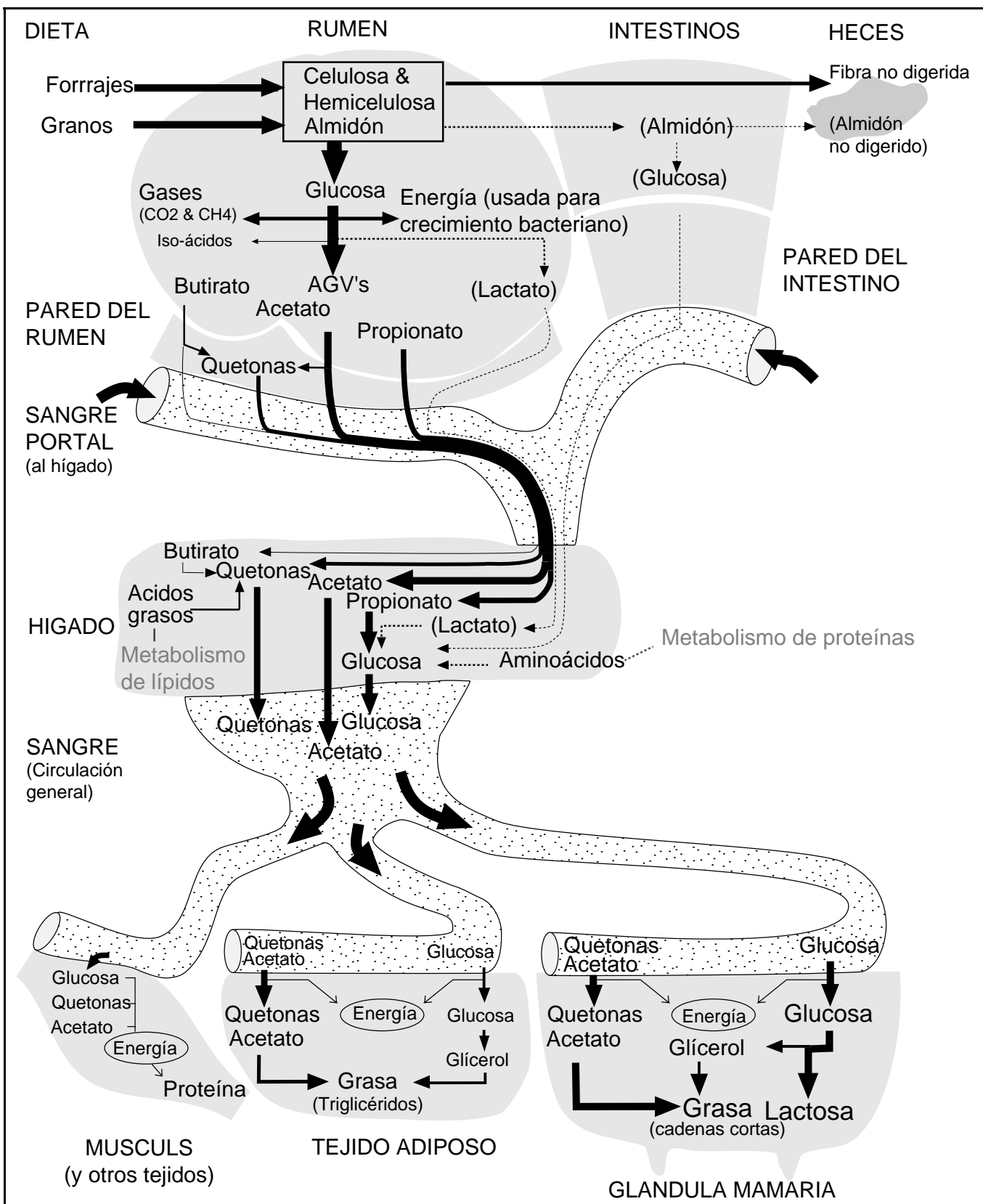


Figura 1: Metabolismo de carbohidratos en la vaca

Los AGV son productos finales de la fermentación microbiana y son absorbidos a través de la pared del rumen. La mayoría

de el acetato y todo el propionato son transportados al hígado, pero la mayoría del butirato se convierte en la pared del

Cuadro 1: Ácidos grasos volátiles producidos por la fermentación ruminal

Nombre	Estructura
Acético	CH ₃ -COOH
Propionico	CH ₃ -CH ₂ -COOH
Butirico	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -COOH

rumen en una cetona (o cuerpo cetónico) que se llama β-hidroxibutirato. Las cetonas son la fuente principal de energía del organismo. Las cetonas, durante las etapas iniciales de la lactancia, provienen también de la movilización de tejidos adiposos.

PRODUCCION DE GLUCOSA EN EL HIGADO

Todo el propionato se convierte a glucosa en el hígado. Además, el hígado utiliza los aminoácidos para la síntesis de glucosa. Este es un proceso importante porque normalmente no hay glucosa absorbida del tracto digestivo y toda las azúcares encontradas en leche (aproximadamente 900g cuando una vaca produce 20 Kg de leche) deben ser producidas por el hígado. Una excepción existe cuando la vaca esta alimentada con grandes cantidades de concentrados ricos en almidón o una fuente de almidón resistente a la fermentación ruminal. El almidón escapa de la fermentación y alcanza el intestino delgado. El ácido láctico (lactato) es una fuente alternativa de glucosa para el hígado. El lactato se encuentra en ensilajes bien preservadas, pero la producción de lactato en el rumen ocurre cuando hay un exceso de almidón en la dieta. Este no es deseable porque el ambiente del rumen se acidifica, la fermentación de fibra se para y, en casos extremos, la vaca deja de comer.

SINTESIS DE LACTOSA Y GRASA EN EL HIGADO

Durante la lactancia, la glándula mamaria tiene una alta necesidad de glucosa. La glucosa se utiliza principalmente para la formación de lactosa (azúcar de la leche). La cantidad de lactosa sintetizada en la

ubre es estrechamente ligada con la cantidad de leche producida cada día. La concentración de lactosa en la leche es relativamente constante y, se agrega agua a la cantidad de lactosa producida por las células secretorias hasta lograr una concentración de lactosa de aproximadamente 4.5%. La producción de leche en las vacas lecheras es altamente influida por la cantidad de glucosa derivada del propionato producido en el rumen.

También la glucosa se convierte a glicerol que se utiliza para la síntesis de grasa de leche. Acetato y β-hidroxibutirato se utilizan para la formación de ácidos grasos encontrados en la grasa de leche. La glándula mamaria sintetiza ácidos grasos saturados que contienen de 4 a 16 átomos de carbón (ácidos grasos de cadena corta). Casi la mitad de grasa de leche es sintetizada en la glándula mamaria. La otra mitad que es rica en ácidos grasos no-saturados que contienen de 16 a 22 átomos de carbón (ácidos grasos de cadena larga) viene de lípidos en la dieta.

La energía requerida para la síntesis de grasa y lactosa viene de la combustión de cetonas, pero el acetato y la glucosa también pueden ser utilizadas como fuentes de energía.

EFFECTO DE LA DIETA SOBRE LA FERMENTACION RUMINAL Y EL RENDIMIENTO DE LECHE

La fuente de carbohidratos en la dieta influye la cantidad y la relación de AGV producidos en el rumen. La población de microbios convierte los carbohidratos fermentados a aproximadamente 65% ácido acético, 20% ácido propiónico y 15% ácido butírico cuando la ración contiene una alta proporción de forrajes. En este caso, el suministro de acetato puede ser adecuado para maximizar la producción de leche, pero la cantidad de propionato producido en el rumen puede limitar la cantidad de leche producida porque el suministro de glucosa es limitado.

Los carbohidratos no-fibrosos (concentrados) promueven la producción de ácido propiónico mientras los carbohidratos fibrosos (forrajes) estimulan la producción de ácido acético en el rumen. Además, los carbohidratos no-fibrosos rinden mas AGV (es decir mas energía) porque son fermentados eficientemente.

Así, la alimentación de concentrados usualmente resulta en un aumento de producción de AGV y una proporción mayor de propionato en lugar de acetato. (Figura 2). Cuando se alimentan grandes cantidades de concentrados (cuando se alimentan con forrajes bien molidos), el porcentaje de ácido acético se reduce debajo de 40% mientras el porcentaje de propionato se aumenta más de 40%. La producción de leche puede aumentarse porque el suministro de glucosa proveniente de propionato se incrementa, pero el suministro de ácido acético para el síntesis de grasa puede ser limitante. En general, esta reducción en disponibilidad de ácido acético es asociada con una reducción de producción de grasa y una porcentaje baja de grasa en la leche. Además, un exceso de propionato en relación a acetato causa que la vaca comience a utilizar la energía disponible para depositar tejido adiposo (aumenta de peso corporal) en lugar de utilizarla para la síntesis de leche.

Así los excesos de concentrados en la ración llevan a vacas gordas. La alimentación prolongada de esta ración puede tener un efecto negativo para la salud de la vaca, que tiende mas a ser afectada por hígado graso, cetosis, y distocia (dificultades de parición). Por otro lado, insuficiente concentrado en la ración limita la ingestión de energía y la producción de leche.

En resumen, un cambio en la proporción de forraje y concentrado en una dieta provoca un cambio importante en las características de los carbohidratos que tienen un efecto profundo en la cantidad y

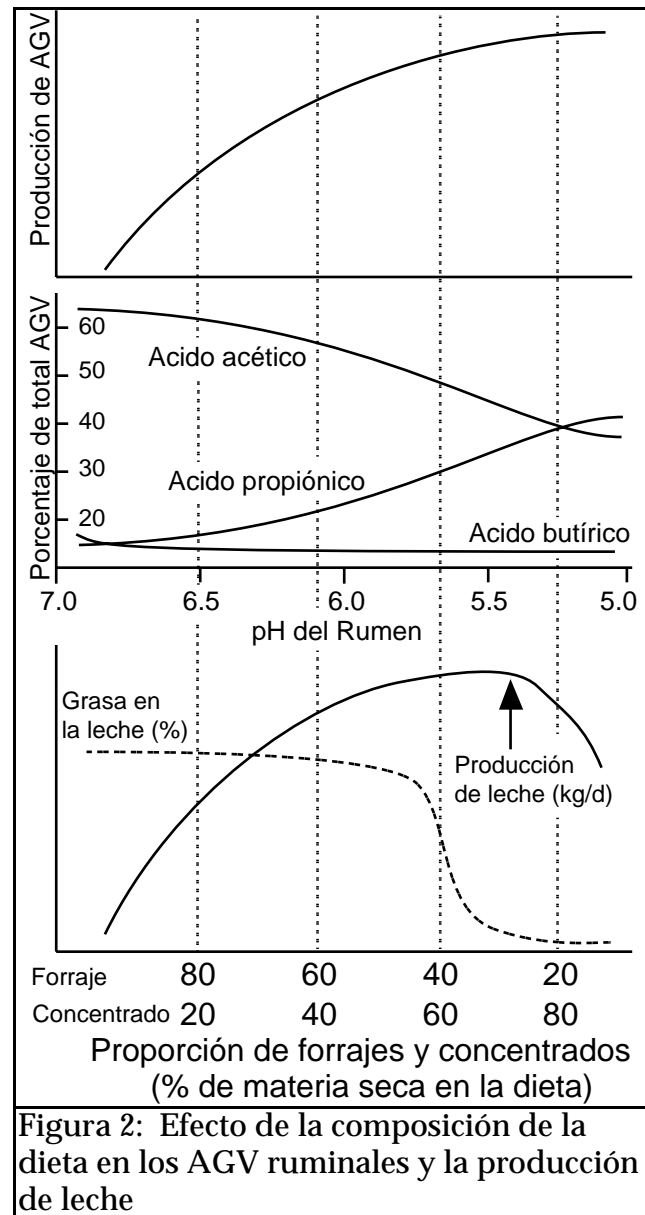


Figura 2: Efecto de la composición de la dieta en los AGV ruminales y la producción de leche

porcentaje de cada AGV producido en el rumen. En turno, los AGV tienen un efecto importante en:

- La producción de leche;
- El porcentaje de grasa en la leche;
- La eficiencia de convertir alimentos a leche ;
- El valor relativo de una ración para la producción de leche en lugar de engorde.