

# Sistema digestivo de la vaca

## DESCRIPCION DEL SISTEMA DIGESTIVO

### INTRODUCCION

La digestión es una serie de procesos que desdoblan los alimentos en sustancias sencillas dentro del tracto digestivo. La absorción es el pasaje de esas sustancias hacia la sangre, a través de las células que forman el tracto digestivo. Los nutrientes absorbidos son disponibles a los varios tejidos del cuerpo para cumplir con el trabajo, crecimiento y la síntesis de leche.

La vaca lechera, como la oveja y la cabra, es un herbívoro que tiene cuatro compartimentos en su estómago (poligástrico). En contraste, los seres humanos, cerdos, ratas, caballos y otros animales de estómago sencillo son monogástricos; donde el abomaso es el único compartimiento de su estómago (monogástrico). Muchos de los herbívoros son rumiantes y conviven en una estrecha asociación con los microorganismos del rumen. Esta relación se llama simbiótica porque es mutuamente beneficiosa para la vaca y los microbios. La vaca, con un suministro generoso de alimentos en el rumen, provee un ambiente apropiado para el crecimiento y la reproducción de microbios. Los microbios ofrecen al rumiante la habilidad de usar carbohidratos complejos, tales como celulosas (un mayor componente de tejidos de plantas) y nitrógeno no-protéico (urea y amoniaco) los cuales son de uso limitado para no-rumiantes. Después de la fermentación microbiana en el rumen, la estructura y la función del tracto digestivo de la vaca, y los procesos que ocurren allí, son parecidos a los de seres humanos y otros animales de estómagos sencillos. Entonces, es con el apoyo particular de los microbios que viven dentro del retículo-rumen que los rumiantes pueden convertir no solamente forrajes, residuos de cultivos, y desechos agro-industriales a alimentos altamente nutritivos y comidas palatables (leche y carne) para seres humanos.

### ESTRUCTURA Y FUNCION

Las Figuras 1.1 y 1.2 ilustran los órganos y el paso seguido por los alimentos ingeridos. El Cuadro 1.1 indica la cantidad de digesta en cada órgano y su contenido como porcentaje del peso del órgano vacío en el tracto digestivo. El retículo-rumen y el abomaso se llaman frecuentemente los pre-estómagos y son particulares a los animales rumiantes. El resto del tracto gastrointestinal, incluyendo el abomaso, el intestino delgado, el ciego y el intestino grueso son semejantes a los de animales no rumiantes. El Cuadro 1.1, indica el peso de cada órgano vacío relativo al peso del contenido del órgano. El retículo-rumen es la parte más grande del tracto digestivo y contiene 67% de la digesta presente. El retículo-rumen puede contener de 100 a 120 kg de digesta. El omaso es un órgano pequeño como el abomaso. Sin embargo, el omaso tiene funciones importantes. En contraste con el rumen, la característica principal del intestino delgado es su longitud (más o menos 46 metros), que más distintivo que su capacidad (Cuadro 1.1).

Figura 1.1: Perfil del lado izquierdo del retículo rumen de una vaca adulta. Los órganos situados al lado derecho se indican con líneas de puntos.

Figura 1.2: Perfil del lado derecho del retículo rumen (omasum y abomasum) de una vaca. El rumen se indica con líneas de puntos debido a que está al lado izquierda de la vaca

Cuadro 1.1: La importancia relativa y peso de los órganos del tracto digestivo de una vaca adulta.

Componente del tracto	Capacidad	Longitud	% * kg ** m
Retículo-Rumen	67 ±100 --	Omaso 5 ± 11 --	Abomaso 4 ± 14 --
Intestino delgado	21 ± 45 ± 46.0	Ciego -- ± 7 ± 0.9	Intestino grueso 13 *** ± 21 ± 10.0
Total	100	198 --	

\* Digesta seca como un porcentaje de la digesta seca en el tracto gastro intestinal.

\*\* Peso de la digesta mojada.

\*\*\* Este estimado incluye la digesta seca del ciego.

## LAS PARTES FUNCIONALES

### Labios, lengua y dientes

La lengua es el órgano principal de aprehensión de la boca. La lengua jala el pasto y otros forrajes hacia la boca. Los rumiantes no tienen dientes caninos ni incisivos superiores. Más bien, tienen un cojinete dental que reemplaza los incisivos superiores y provee una superficie contra la cual los incisivos inferiores pueden presionar para recortar el forraje. Además, el maxilar superior es más amplio que la mandíbula inferior, y esto posibilita que el animal utilice los molares de un solo lado a la vez. Debido a los movimientos laterales de la mandíbula, los molares desarrollan superficies pulverizadoras en forma de cincel. Esto incrementa la eficiencia de masticación durante la rumia.

### Glándulas salivales y el esófago

Hay múltiples glándulas salivales localizadas en la boca. Las diferentes glándulas secretan saliva con una composición ligeramente diferente. El esófago es un tubo pequeño de más de 1 metro de longitud. El alimento y la saliva se mezclan en la boca y bajan del esófago al rumen. También, durante la rumia, el contenido ruminal vuelve a través del esófago a la boca para una masticación adicional.

### Retículo-rumen

Debido a la similitud y a la mezcla de su contenido, los dos primeros compartimentos del estómago, es decir el rumen y el retículo, se llaman frecuentemente el retículo-rumen (Figura 1.3). El retículo-rumen ocupa la mayor parte de la cavidad abdominal.

El rumen está dividido en tres sacos (craneal, dorsal y ventral) por fuertes bandas musculares, llamadas pilares. El retículo-rumen es el componente más pesado del tracto gastrointestinal de la vaca y contiene 2/3 del contenido total (Cuadro 1.1). Adicionalmente, los alimentos pasan casi la mitad del tiempo dentro del tracto gastro intestinal (40 a 72h.), es en el retículo rumen. Los pilares dentro del rumen se contraen y se relajan en un ciclo de contracción que tarda aproximadamente 50 a 60 segundos en completarse. Miles de papilas cubren la superficie interior del rumen. Estas papilas incrementan el área de la superficie de absorción de los productos finales de la fermentación ruminal (los ácidos grasos volátiles y el amoníaco). La relación entre el rumen y el resto del tracto digestivo se parece a un gran lago (el rumen) con un río que lo atraviesa por un lado (el resto del tracto digestivo). El diseño del retículo-rumen permite la retención de partículas fibrosas de alimentos para incrementar el tiempo que son sujetos a la fermentación microbiana. El rumen permite la vaca utilizar las paredes de las células de plantas. Para los animales no-rumiantes, la energía en las paredes de las células quedan inaccesibles.

Figura 1.3: Los cuatro estómagos de una vaca. (1) Sección del retículo-rumen (2) Sección del omaso y abomaso (Cortesía de N.J. Benevenga, J. Dairy Sci. 52:1294, 1969)

El retículo es un saco en el frente del rumen. Está separado del rumen dorsal por la apertura del esófago (cardias) y del rumen ventral por una partición que se llama el pliegue retículo-ruminal. La superficie del interior del retículo tiene la apariencia de un "panal". Como parte del ciclo de contracción del retículo-rumen, el desplazamiento de este pliegue, acompañado por una fuerte contracción del retículo, propulsa la digesta hacia arriba y permite vaciar el retículo. Las partículas más pequeñas y densas pasan a través de la apertura retículo-omasal, hacia los pliegues del omasum, mientras que las partículas más grandes y menos densas regresan hacia el rumen ventral. El movimiento del retículo

juega un papel importante en el tamizar y separar las partículas de la digesta antes de que puedan salir del retículo-rumen.

La apertura del esófago y el orificio retículo-omasal forman la entrada y salida del retículo-rumen respectivamente. Estos dos orificios están ubicados uno cerca del otro y están ligados por el canal esofágico.

Cuando un ternero joven mama, los labios del canal se cierran para formar un tubo, a través del cual la leche pasa directamente del esófago al abomaso sin entrar al rumen. En una vaca adulta el canal esofágico no sigue funcional.

### El omaso

El omaso consiste en muchos pliegues musculares. Aunque la masa del omaso vacío es relativamente grande (Cuadro 1.1), solamente contiene 4% del peso de la digesta en el tracto. En una vaca adulta el omaso es más o menos del mismo tamaño que una pelota de fútbol. La función exacta del omaso no se entiende completamente. La digesta empacada entre los pliegues tiende a ser muy seca. Así, parece que esta estructura juega un papel en la absorción de grandes cantidades de agua y minerales (sodio  $\text{Na}^+$  y bicarbonato  $\text{HCO}_3^-$ ) derivados del líquido que entra con la digesta por el rumen. Como resultado, el agua no diluye el ácido secretado por el abomaso y los minerales pueden ser reciclados a la saliva.

### El abomaso

El abomaso es el cuarto estómago del rumiante. Este secreta enzimas y ácido clorhídrico de la misma manera que el estómago de un animal monogástrico. El interior del abomaso está formado por muchos pliegues que incrementan el área secretorio de este órgano. El abomaso tiene dos secciones distintas. El fondo es el sitio principal para la secreción del ácido clorhídrico (HCl) y las enzimas que operan en un medio ácido. La región pilórica es donde la digesta se acumula antes de ser propulsada hacia el duodeno como un bolo discreto.

### El Intestino delgado

El intestino delgado es un tubo largo subdividido en el duodeno, el yeyuno y el íleon. El intestino delgado está denominado por su diámetro más que por su longitud, dado que es un tubo de aproximadamente 46 mts. de longitud y de 1 a 4.5 cm. de diámetro en una vaca adulta. Las papilas microscópicas le dan a las paredes del intestino delgado una superficie enorme en relación con su masa. El intestino delgado es el sitio principal para la absorción de los productos finales de digestión. También contiene algunas de las células más activas del cuerpo. Los datos han indicado que la "esperanza de vida" de una proteína formada por las células intestinales es aproximadamente un día. En contraste, la esperanza de vida de las proteínas en el músculo esquelético es un mes. Las enzimas secretadas por el páncreas y la superficie del intestino delgado digieren proteínas, carbohidratos y grasas. La bilis del hígado ayuda a digerir y preparar las grasas para ser absorbidas por el duodeno vía el ducto biliar.

### El intestino grueso

El ciego es la primera sección del intestino grueso. Es otro embalse separado del flujo principal del tracto gastrointestinal. El ciego funciona como un sitio para la fermentación microbiana después de la digestión ácida dentro del abomaso y la digestión enzimática del intestino delgado. En algunas especies de animales (caballo y conejo) el ciego contribuye significativamente a la fermentación microbiana, sin embargo, es relativamente pequeño y de poca importancia con respecto al retículo-rumen en la vaca adulta. El colon (subdividido en el colon proximal y el colon espiral) contribuye poco a la digestión y la absorción de nutrientes. El colon es donde se forman las heces. La superficie del intestino grueso no tiene papilas, pero fácilmente absorbe agua y minerales.

## PROCESOS DE DIGESTION

### ¿QUE ES LA DIGESTION?

Desde el punto de vista nutricional, cuando los alimentos se ingieren, no entran en el cuerpo. Sin embargo, los

nutrientes que resultan de la digestión de los alimentos dentro del tracto digestivo entran al cuerpo solamente cuando son absorbidos por el flujo sanguíneo. La función principal de la digestión es convertir los nutrientes organizados en formas altamente complejas a componentes químicos más sencillos que pueden pasar por la pared intestinal. Por ejemplo, la celulosa es una forma compleja de carbohidrato que no puede ser utilizado por las células del cuerpo. Sin embargo, la fermentación en el rumen convierte la celulosa en ácidos grasos volátiles. Después de la absorción a la sangre, los ácidos grasos volátiles pueden ser utilizados como precursores para la grasa de la leche o la lactosa.

Normalmente, los alimentos no se digieren completamente y la parte que no está digerida se elimina por las heces, sin que haya entrado al cuerpo de la vaca. Por otro lado, una parte de los alimentos consiste en compuestos sencillos que no requieren digestión antes de entrar al cuerpo. Estos compuestos (por ejemplo azúcares sencillos, aminoácidos) son típicamente muy solubles (como el azúcar que se usa en el té o el café). Sin embargo, en el caso de las vacas, estos componentes sencillos son utilizados por la población de microbios en el rumen en lugar de ser absorbidos directamente.

## SITIOS DE DIGESTION

El Figura 1.4 representa el perfil de los procesos que ocurren en el tracto digestivo. Se jala el alimento recogido por la lengua hacia la boca, pasa al esófago y entra al rumen donde la población de microorganismos comienza a fermentar los alimentos. Las partículas grandes de fibra se regurgitan hacia la boca para más destrucción física (rumia) y luego pasan de nuevo al retículo-rumen. Algunos productos de fermentación (por ejemplo los ácidos grasos volátiles) pasan a la sangre a través de las paredes del retículo-rumen. El tiempo de retención de la digesta en el retículo-rumen varía. La porción más líquida de la digesta se puede quedar en el rumen de 10 a 12 horas, mientras que las partículas de fibra pueden ser retenidas en el rumen de 20 a 48 horas. La digesta que sale del retículo-rumen contiene pequeñas partículas de alimentos que han escapado la fermentación y forman una fuente rica de proteínas derivada de los microorganismos que se han multiplicado dentro del rumen.

La digesta pasa a través del orificio retículoomasal, de los pliegues del omaso, y después entran al abomaso. La fuerte acidez del abomaso detiene toda la actividad bacteriana y también inicia una destrucción química de las partículas (digestión ácida). Después de sólo unas pocas horas en el abomaso, la digesta pasa a través del orificio pilórico hacia la primera sección del intestino delgado (duodeno). El páncreas secreta enzimas digestivas y el hígado secreta bilis. Ambas secreciones se mezclan con el contenido de la digesta que entra al intestino delgado donde la digestión es enzimática (digestión química).

Mientras que la digesta se mueve a través del intestino delgado, los productos de la digestión enzimática pasan por el intestino y entran a la sangre. Al final del intestino delgado, los residuos no digeridos pasan al ciego, que es un órgano colonizado por otra población de bacterias. Aquí, ocurre una fermentación parecida a la del rumen, pero a un nivel mucho menos activo. Finalmente, los residuos no digeridos pasan del ciego al intestino grueso donde se absorbe el agua. La materia no digerida forma las heces que eventualmente se eliminan por el recto.

Figura 1.4: Principales pasos, órganos y tiempo requerido para la digestión de alimentos en la vaca lechera

Función de la masticación

24 a 28 horas

BOCA

RETICULO-RUMEN

1. La rumia reduce el tamaño de partícula, y expone los carbohidratos de la fibra a la fermentación bacteriana

1. Las partículas largas en la masa fibrosa estimulan la rumia

2. producción de hasta 180 lts de saliva por día cuando una vaca mastica de 6 a 8 horas diarias; la producción de saliva se reduce rápidamente si la vaca no consume partículas grandes en la dieta.

2. Retención de partículas largas de forraje que requieren ser rumiadas

3. La saliva tiene un rico contenido de sustancias neutralizantes (bicarbonato de sodio y fosfatos) que neutralizan los ácidos producidos por la fermentación en el rumen.

3. Los carbohidratos y proteínas en los alimentos son degradados por los microbios

4. Las sustancias neutralizantes mantiene un pH neutro favoreciendo el crecimiento de las bacterias

4. Producción de ácidos grasos volátiles de la fermentación bacteriana

5. La fermentación permite el crecimiento de microbios que son ricos en proteína de alta calidad

6. Absorción AGV que son la principal fuente de energía para la vaca

7. Gases producidos por la fermentación (de 500 a 1000 lts/d) son eructados

1 a 3 horas

BOCA

RETICULO-RUMEN

1. Absorción de agua, AVG y minerales

1. Secreción de ácido clorhídrico y enzimas digestivas
2. Las partículas largas son retenidas en los pliegues estructurales del omaso
2. Digestión de carbohidratos y proteínas que escapan la fermentación rumial
3. Digestión de proteína microbiana producida en el rumen (de 1 a 2.5 kg/d)

10 a 20 horas

BOCA

RETICULO-RUMEN

1. Secreción de enzimas digestivas
1. Una población bacteriana fermenta los productos no absorbidos en la digestión
2. Recibe las secreciones digestivas del páncreas y del hígado
2. Absorción de agua y de formación de heces.
3. Digestión enzimática de: proteínas, carbohidratos y lípidos
4. Absorción de: agua, minerales, aminoácidos, glucosa y ácidos grasos

Las principales funciones de masticación durante la alimentación son:

- Mezclar los alimentos con saliva.
- Reducir el tamaño de las partículas.
- Incrementar la solubilización de los nutrientes disponibles dentro de los alimentos, haciéndolos accesibles a las bacterias del rumen.
- Formar un bolo de alimentos que puede ser tragado.

El forraje fresco, los granos y los alimentos peletizados se consumen rápidamente, pero el heno seco y largo requiere más masticación antes de que se pueda tragar.

Debido a la estructura de la boca, las vacas son eficientes en moler las partículas grandes a partículas más pequeñas,

pero no se han adaptado al morder. Las vacas tienen una tendencia a tragarse los tubérculos pequeños como papas, y de vez en cuando pueden atragantarse en el proceso. Por eso, los tubérculos como papas, nabos y remolachas se deben cortar antes de dárselos a las vacas.

### Función de la salivación

Las cinco funciones principales de la salivación son:

- Agregar agua al contenido del rumen para diluir los ácidos y ayudar el flujo de partículas fuera y dentro del retículo-rumen.
- Ayudar a los amortiguadores del rumen a mantener un ambiente sano.
- Lubricar los alimentos para formar un bolo.
- Proveer algunos nutrientes a los microbios ruminales (nitrógeno disponible en la forma de urea, minerales como fosfatos, magnesio, cloro, etc.).
- Tener propiedades antiespumosas. La mucina es un componente de la saliva que ayuda a prevenir la hinchazón.

La saliva de rumiantes contiene grandes cantidades de sodio ( $\text{Na}^+$ ) y otros minerales. La saliva también contiene una alta concentración de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) y fosfatos ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) que funciona como un amortiguador que resiste la reducción de pH (el aumento de acidez) que, de otra manera, acompaña la producción de ácidos en la fermentación dentro del rumen.

Las vacas tienen muchas glándulas que secretan saliva. La producción de saliva es aproximadamente 120 ml/min durante la alimentación y 150 ml/min durante la rumia. Cuando la vaca deja de masticar la producción de saliva continúa a una tasa de 60 ml/min. Esto implica que en una dieta de alto contenido de forraje, una vaca puede masticar más de 10 horas al día y la producción de saliva puede exceder 140 litros. La cantidad verdadera de saliva secretada cada día depende mucho de la forma física de los alimentos consumidos. En la ausencia de salivación, la acidez del rumen aumenta (acidosis) y disminuye la actividad microbiana. Durante la acidosis, la vaca pierde su apetito y en casos severos (pH bajo 4.5) toda actividad microbiana se interrumpe, lo cual puede resultar en la muerte de la vaca.

### Función de la rumia

Durante la rumia, un bolo del contenido del rumen regresa a la boca. El líquido y las partículas pequeñas que contiene el bolo se exprimen en la boca e inmediatamente se retragan. Las partículas más grandes del bolo se remastican por 50 a 60 segundos antes de que se traguen de nuevo. La rumiación es una parte vital y esencial de la digestión normal del rumiante. Las principales funciones de rumia se pueden resumir así:

- Incrementar la producción de saliva (ver arriba).
- Reducir el tamaño de las partículas y aumentar la densidad de partículas, dos características importantes que determinan la cantidad de tiempo que las partículas quedan en el rumen.
- Contribuir a la separación de partículas que pueden salir del rumen y las que necesitan más tiempo para su fermentación.
- Mejorar la digestión de las fibras exponiendo nuevas superficies para el ataque de los microbios.

La rumia es un reflejo que se logra cuando el rumen contiene alimentos de fibras largas. Las vacas pueden rumiar hasta 8 horas al día. Sin embargo, los alimentos finamente molidos pasan mucho menos tiempo en rumia, con efectos negativos en la digestión de fibra y la producción de grasa en la leche (vea Capítulo 3).

Una indicación de buena salud es cuando las vacas mastican mucho. Producen mucha saliva que provee un ambiente sano para el crecimiento de los microbios en el rumen. Una vaca sana puede hacer entre 40.000 y 45.000 movimientos de su mandíbula cada día. Una forma de comprobar si las raciones del hato contienen suficiente alimento fibroso es de contar el número de vacas que están masticando o rumiando en cualquier momento. Si al menos una tercera parte de las vacas están rumiando, hay fibra suficiente en la dieta.

### Función de la fermentación ruminal

Cada mililitro del contenido del rumen lleva unas 16,000,000,000 a 40,000,000,000 bacteria y 200,000 protozoos. También, hay hongos que forman parte de la población normal de microorganismos y estos crecen y se reproducen dentro del rumen. Hay muchas especies diferentes de bacterias y protozoos. El tipo de alimento que la vaca come determina cuáles especies de bacterias predominan; éstas a su vez, determinan la cantidad y la proporción de ácidos grasos volátiles (AGV) que servirán de recurso de energía.

El ambiente del rumen es excelente para el crecimiento microbial. El pH varía de 5,5 a 7,0; la temperatura es de 39 a 40°C, la que es óptima para muchas enzimas; casi no hay oxígeno, el cual es tóxico para muchas especies de bacterias; hay suficiente alimento proveído en una forma más o menos continua; y los productos finales de fermentación (AGV y amoníaco) se absorben por el forro del rumen. Así, una densa población de microorganismos vive en el retículo-rumen. Para la vaca, las ventajas principales de la fermentación ruminal son:

- Obtener energía de los carbohidratos complejos que de otra manera permanecerían encerrados en la estructura fibrosa de las plantas.
- Convertir fuentes pobres de nitrógenos, incluyendo nitrógeno no proteico (NNP) a proteína bacteriana la cual está en equilibrio respecto a las necesidades para la síntesis de proteína de la leche.
- Sintetizar vitaminas del complejo B y vitamina K. Como resultado, las vacas normalmente no requieren suplementación de las vitaminas B ni de la vitamina K en su dieta.
- Desintoxicación de algunos tipos de toxinas.

Sin embargo, hay desventajas de la fermentación ruminal:

- La fermentación rápida de carbohidratos en el rumen se asocia con la pérdida de alguna energía en forma de gases (metano y bióxido de carbón).
- Las proteínas de alto valor nutritivo se degradan parcialmente con una pérdida potencial de amoníaco, si la bacteria no puede incorporar todo el amoníaco producido para formar proteína bacteriana.
- La vaca come una gran cantidad de fibra proveniente de plantas, que se digiere lentamente y se retiene en el rumen por un largo período de fermentación. Como resultado, cuando la dieta es alta en fibra, una vaca puede comer hasta su capacidad y todavía le faltará la energía que ella necesita.

Aunque los microbios del rumen pueden responder rápidamente a cambios en la composición de la dieta, la vaca requiere más tiempo para adaptarse a cambios en los productos finales de fermentación. De este modo, es importante que los cambios en la composición de la dieta sean graduales (durante un período de 4 a 5 días). La cantidad de bacterias producidas diariamente en el rumen varía directamente con la cantidad de energía disponible para los microbios, la cual a su vez, es directamente proporcional a la cantidad de energía ingerida. Aunque las vacas no comen bacterias, aproximadamente 2.5 kg de proteína bacteriana (400 mg. de nitrógeno) que crece en el retículo-rumen puede alcanzar el intestino delgado cada día. Estas proteínas bacterianas se digieren en el intestino delgado y son la fuente principal de aminoácidos para la vaca.

## DIGESTION EN EL ABOMASO Y EL INTESTINO DELGADO

Empezando en el abomaso, la digestión es similar a la de otros animales. En el abomaso, toda la actividad bacteriana cesa completamente debido al ambiente ácido. El abomaso secreta el ácido clorhídrico y las enzimas, pepsina y renina. Es sólo cuando la acidez de la digesta en el abomaso alcanza un nivel muy fuerte (pH=2) que el píloro se abre y deja la digesta, la cual se llama ahora quimo, y pasa al duodeno. La secreción del páncreas, del hígado y de las glándulas de las paredes intestinales entran al duodeno y se mezclan con el quimo. Estas secreciones contienen enzimas que pueden hidrolizar proteína (proteasas), almidón (amilasas), y grasa (lipasas). Las proteínas se reducen en péptidos y aminoácidos. El almidón y otros polisacáridos se hidrolizan en azúcares sencillos tales como glucosa, fructuosa, etc. Las grasas se hidrolizan a su estructura básica de glicerol (azúcar) y tres ácidos grasos, los cuales consisten en largas cadenas de carbonos que terminan en grupos ácidos.

## ABSORCION EN LOS INTESTINOS

La absorción de los productos de digestión en los intestinos ocurre principalmente en la segunda parte del intestino delgado. Los aminoácidos y los péptidos pequeños resultantes de la digestión de proteína y azúcares sencillos, tales como glucosa de la digestión de carbohidratos, pueden pasar las células que forman los intestinos y entrar a los capilares sanguíneos. La absorción de los ácidos grasos de cadena larga es más compleja y requiere la presencia de sales biliares. Los intestinos gruesos no secretan enzimas digestivas, pero la absorción, especialmente de agua, ocurre aquí.

## HECES Y ORINA

Las heces que salen del recto por el ano se componen de lo siguiente:

- Residuos de alimentos no digeridos.
- Enzimas digestivas.
- Células eliminadas del tracto intestinal.
- Residuos de microorganismos no digeridos (bacteria).

La cantidad de heces producida cada día puede variar considerablemente según la tasa de ingestión y la composición de la dieta. Las vacas alimentadas con una dieta alta en forraje producen más heces que las vacas alimentadas con concentrados que tienen un alto contenido de granos. Por promedio, una vaca de 600 kg produce aproximadamente 10,000 kg de heces y orina al año. El Cuadro 1.2 indica la composición del estiércol (heces más orina) producido por vacas lecheras. La materia seca del estiércol contiene aproximadamente 85% materia orgánica y 15% minerales. Además del nitrógeno, fósforo y potasio, otros minerales del estiércol de las vacas lecheras incluyen magnesio, calcio, sodio, azufre, hierro, zinc, manganeso y cobre. La orina contiene 50% del total de potasio en el estiércol. Sin embargo, las heces contienen 90% del fósforo.

Cuadro 1.2: Composición del estiércol de las vacas lecheras.

Componente	Estimación	1*	2**	Agua, %	76.5	79.0	Materia seca, %	23.5	21.0	Total	100.0	100.0	% de materia
(N)	2.2	2.3	Fósforo (P2O5)***	1.3	1.1	Potasio (K2O)***	0.8	2.9					

\* Dairy Science Handbook. 1990. Volumen 20, p 41.

\*\* Ensminger et al., 1990. Feeds and Nutrition p 478.

\*\*\* P2O5 se puede convertir en a fósforo (P) dividiendo las figuras por 2.29, y K2O se puede convertir en potasio (K) dividiendo por 1.2.

## RESUMEN

La estructura y función del tracto digestivo de la vaca lo hace especialmente eficiente en la utilización de alimentos fibrosos, cuyas consecuencias son:

- Los forrajes deben formar parte de la dieta para estimular la rumia esencial para mantener una vaca sana.
- Cuando usted alimenta la vaca, primero está alimentando sus microbios ruminales.
- Las vacas utilizan una gran variedad de dietas, pero los cambios deben ser graduales y realizados durante un período de 4 a 5 días.
- Las heces de las vacas son ricas en materia orgánica, contienen nitrógeno, fósforo y potasio, son un fertilizante excelente.

Esta publicación está autorizada por el Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera de la Universidad de Wisconsin Madison.

Estas tecnologías son responsabilidad de quien las aplique.