

191
221

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



MORFOFISIOLOGIA DEL APARATO DIGESTIVO DE LOS RUMIANTES DOMESTICOS (Texto de autoenseñanza)

**TESIS CON
FALLA DE GREEN**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A :
ROCIO BELEM RIVAS FLORES

ASESORES: M.V.Z. JAVIER GARCIA DE LA PEÑA
LIC. MARIA GUADALUPE GARCIA MENDOZA





UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCION.....	2
II. DESCRIPCION ANATOMICA DEL APARATO DIGESTIVO DE LOS RUMIANTES DOMESTICOS.	
Boca.....	4
Labios.....	4
Mejillas.....	6
Paladar duro.....	6
Paladar blando.....	7
Lengua.....	7
Dientes.....	9
Glándulas salivales.....	14
Faringe.....	17
Esófago.....	17
Estomago.....	18
Intestino delgado.....	22
Intestino grueso.....	27
Recto.....	28
Ano.....	28
Páncreas.....	28
Higado.....	30
III. DESCRIPCION HISTOLOGICA DEL APARATO DIGESTIVO DE LOS RUMIANTES DOMESTICOS.	
Boca.....	34

Labios.....	34
Mejillas.....	34
Paladar duro.....	36
Paladar blando.....	36
Lengua.....	36
Dientes.....	39
Glándulas salivales.....	41
Faringe.....	43
Esófago.....	43
Estómago.....	45
Intestino delgado.....	49
Intestino grueso.....	52
Recto.....	52
Ano.....	52
Páncreas.....	53
Higado.....	55

IV DESCRIPCIÓN FISIOLÓGICA DEL APARATO DIGESTIVO DE LOS RUMIANTES DOMÉSTICOS.

Prehensión.....	61
Masticación.....	61
Insalivación.....	63
Deglución.....	68
Estómago.....	69
Rumen.....	70
Reticulo.....	70
Omazo.....	73
Abomaso.....	74
Regulación de la secreción gástrica.....	76
Canaladura esofágica o gotera.....	77
La rumia.....	79
Microbiología ruminal.....	80
Metabolismo de carbohidratos.....	91
Metabolismo de lípidos.....	96
Metabolismo de nitrógeno.....	100

Vitaminas y minerales.....	102
Fisiología del vómito.....	103
Fisiología del eructo.....	103
Intestino delgado.....	105
Digestión.....	105
Absorción.....	107
Intestino grueso.....	111
Defecación.....	113
Páncreas.....	114
Hígado.....	115

Ü. Literatura citada.....	118
---------------------------	-----

CONTENIDO

	Página
FIGURAS	
1.- Irrigación sanguínea.....	5
2.- Papilas de la lengua.....	8
3.- Desgaste de los dientes de bovino.....	12
4.- Estructura del diente de bovino.....	13
5.- Localización de las glándulas salivales.....	15
6.- Partes del rumen.....	19
7.- Localización del rumen.....	21
8.- Localización del omaso y abomaso.....	23
9.- Irrigación sanguínea e inervación del rumen.....	24
10.- Intestinos de bovino.....	26
11.- Páncreas de bovino.....	29
12.- Localización del hígado de bovino.....	31
13.- Partes del hígado de bovino.....	32
14.- Histología de los labios.....	35
15.- Histología de la lengua.....	37
16.- Papilas de la lengua.....	38
17.- Histología del diente.....	40
18.- Histología de la glándula salival.....	42
19.- Histología del esófago.....	44
20.- Histología del estómago.....	46
20 bis	
21.- Mucosa del intestino delgado.....	50
22.- Histología del páncreas (islotos pancreáticos).....	54
23.- Lobulilla hepática.....	57
24.- Célula hepática.....	58
25.- Canaliculas biliares.....	59
26.- Movimientos ruminales y flujo del alimento.....	71
27.- Celulosa y hemicelulosa.....	82

28.- Formación de ácidos grasos volátiles.....	88
29.- Protozooario del rumen.....	90
30.- Degradación de hidratos de carbono en el rumen....	92
31.- Degradación de almidón.....	95
32.- Degradación de hemicelulosa y pectinas.....	97
33.- Degradación de azúcares.....	98
34.- Metabolismo del nitrógeno en el rumiante.....	101
35.- Vellosidad intestinal (quilífero).....	108
36.- Páncreas(enzima amilolítica).....	116

CONTENIDO

CUADROS	Página
1.- Formálas y erupción de los dientes de bovino.....	11
2.- Masticación de los diferentes alimentos (ovino).....	63
3.- Composición de la saliva.....	64
4.- Composición de saliva mixta y serosa ('umiantes')	65
5.- Producción salival de acuerdo al tipo de alimento.....	65
6.- Hormonas gastrointestinales.....	78

RESUMEN

RIVAS FLORES ROCIO BELEN. MORFOFISIOLOGIA DEL APARATO DIGESTIVO DE LOS RUMIANTES DOMESTICOS (Texto de autoenseñanza) .(Bajo la dirección de: Javier Garcia de la Peña y Ma. Guadalupe Garcia Mendoza).

El presente trabajo; es una revisión de varias referencias especializadas en el tema, de las cuáles se compararon y se unificaron criterios para su elaboración, con el objeto de servir como guía para el estudio del Aparato Digestivo de los Ruminantes Domésticos .En el texto se incluyen dibujos de las partes más representativas del Aparato Digestivo, así como cuadros con algunas diferencias entre bovinos, ovinos, y caprinos. El trabajo consta de cinco capítulos;

Capítulo I.- Introducción

Capítulo II.- Descripción Anatómica del Aparato Digestivo de los Ruminantes Domésticos.

Capítulo III.- Descripción Histológica del Aparato Digestivo de los Ruminantes Domésticos.

Capítulo IV.- Descripción Fisiológica del Aparato Digestivo de los Ruminantes Domésticos.

Capítulo V.- Literatura Citada.

INTRODUCCION.

El Médico Veterinario Zootecnista requiere para su preparación profesional el conocimiento de una serie de materias básicas entre las que se encuentran la Anatomía la Histología y la Fisiología.

Estas materias estudian desde los primeros semestres de la carrera, y por ello , se consideran la base para el entendimiento de cómo están integrados los individuos; esto es, órganos que los componen, los límites anatómicos, irrigación, inervación, glándulas y capas histológicas. Así mismo resulta importante resaltar que la fisiología es la encargada del estudio de las funciones normales del cuerpo . De esta forma, si conjuntamos Anatomía-Histología-Fisiología, se podrá determinar como está integrada la unidad funcional. Este trabajo está integrado por la morfofisiología del Aparato Digestivo, únicamente de los rumiantes domésticos, tomando como modelo al bovino y aclarando algunas diferencias con los ovinos y caprinos.

No restando importancia al estudio de otros órganos, aparatos y sistemas, este es un tema del que aunque mucho se ha escrito, al estudiante le resulta difícil su estudio e investigación. Lo anterior se debe al escaso número de libros existentes en las bibliotecas dado su elevado costo, puesto que muchos de estos provienen de otros países. Por otra parte, el idioma resulta una limitante ya que si bien es cierto que en ocasiones existen las traducciones, cabe aclarar que éstas presentan errores; Todo lo anterior, provoca que nuestra información sea escasa e insuficiente lo que trae como consecuencia que el estudio del aparato digestivo se torne difícil y complejo.

Si bien es cierto que en la mayoría de las ocasiones el investigador se enfrenta a una infraestructura informativa con los problemas antes mencionados, también es cierto que para tratar un tema tan amplio como el Aparato Digestivo de los Rumiantes Domésticos las fuentes informativas no presentan una integración debido a los intereses de cada país o bien del autor, por ello resulta importante llevar a cabo la unificación en un solo texto. Este trabajo brinda al estudiante una descripción adecuada de cada una de las partes que integran el Aparato Digestivo. El material seleccionado es específico y se usa un vocabulario sencillo sin olvidar el nivel superior hacia el que va dirigido.

Los objetivos de este trabajo son; introducir al estudiante en un tema tan complejo como es el Aparato Digestivo de los Rumiantes Domésticos, dar una imagen más clara y completa de la forma y función de cada una de las partes que componen dicho aparato, sin necesidad de acudir a varias fuentes de consulta y con la ventaja de encontrar la nomenclatura empleada en México.

Los esquemas y los dibujos de los diferentes órganos contribuyen a la explicación del texto, presentando dichos dibujos lo más sencillos y representativos, por último, con todas las características antes mencionadas, este podrá ser un manual de autoenseñanza para el futuro profesional.

4
CAPITULO II

DESCRIPCION ANATOMICA DEL APARATO DIGESTIVO DE LOS RUMIANTES
CONESTIOS.

BOCA

Es parte inicial del Aparato Digestivo, y se define como una cavidad de dimensiones variables que se sitúa entre la mandíbula y el maxilar, posee estructuras osteo-músculo-membranosas; como son los labios, la lengua, los dientes, el paladar duro y el blando, así como los carrillos.

Las relaciones de la boca son las siguientes; dorsalmente con el paladar duro y blando, ventralmente está la mandíbula y los músculos milohioideos, en la parte caudal la faringe y el istmo de las fauces, por último lateralmente están los carrillos.(4,6,10,18,50)

Irrigación Sanguínea.

Está dada por las arterias, labial, maxilar, mandibular labial, lingual y la sublingual.(fig. 1).

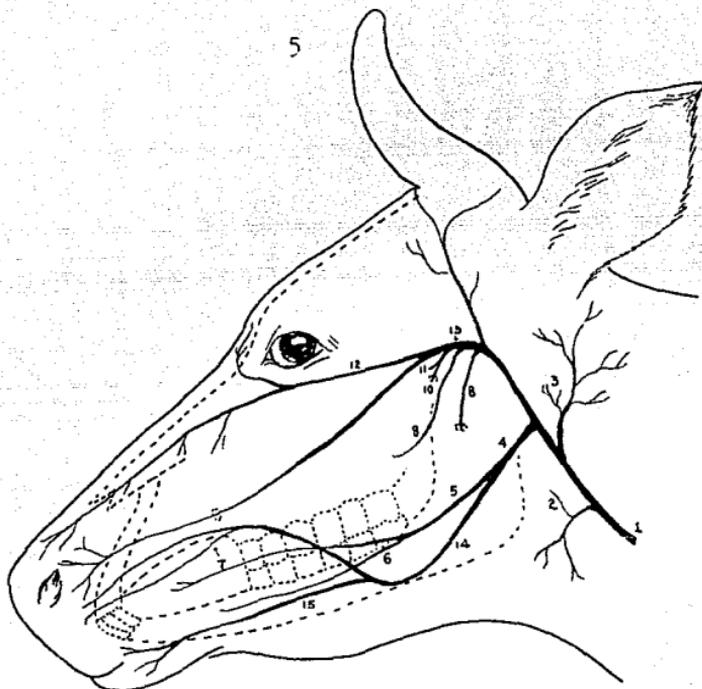
Inervación

Recibe inervación del Trigémino, y el nervio bucal (10,50)

LABIOS

Son dos estructuras musculares, gruesas e con poca movilidad, están cubiertas por piel e internamente por mucosa ambas capas están sobre músculo (orbicular de la boca), tejido conectivo y glándulas labiales. El labio superior forma parte del plano nasolabial, en el caso particular de los ovinos y caprinos, los labios son finos y muy móviles, el superior está dividido en dos, y cubiertos con pelo.

Están limitados dorsalmente con la nariz y lateralmente con los mejillas.(10,37)



- | | |
|--------------------------------|----------------------------|
| 1) Arteria carotida común | 9) Arteria labial |
| 2) Arteria faríngea ascendente | 10) Arteria palatina mayor |
| 3) Arteria palatina ascendente | 11) Arteria esenopalatina |
| 4) Tronco lingua facial | 12) Arteria malar |
| 5) Arteria lingual | 13) Arteria maxilar |
| 6) Arteria sublingual | 14) Arteria facial |
| 7) Arteria labial maxilar | 15) Arteria mandibular |
| 8) Arteria alveolar mandibular | labial. |

FIGURA 1 IRRIGACION SANGUINEA
(Tomado de Sisson, S. y Grossman, J. 1983)

Inervación.

El nervio Trigémico y el Facial.(50)

MEJILLAS

Son paredes musculares (músculo buccinador y masetero), cubiertas por piel y en su parte interna por mucosa, presentan papilas cónicas que van de 1 a 1.5 cm. son más abundantes cerca de la entrada de la boca y van siendo más escasas caudalmente.(6,18)

Irrigación sanguínea.

La arteria facial y bucal, y las venas facial y bucal.

Inervación.

Los nervios sensoriales provienen del Trigémico y los motores del facial.(50)

PALADAR DURO

Es una estructura que forma el techo de la boca.La conformación es la siguiente; en sustitución de los dientes incisivos superiores, está el cojinete dental, posterior a éste se localizan surcos por engrosamiento transverso de la mucosa formando las crestas palatinas que llegan a cubrir casi dos terceras partes del paladar, estas crestas varían en número según la especie, en el caso del bovino hay de 15 a 19 y en los ovinos y caprinos de 10 a 15 con la particularidad que en dichas especies las crestas están en forma irregular.

En el paladar duro se encuentra la papila incisiva, la cual se ubica entre el cojinete dental y la primera cresta.(18,50)

Irrigación sanguínea.

Es dada por la arteria palatina y ramas de la esfenopalatina así como la vena maxilar interna.

Inervación

El nervio pterigopalatino, se subdivide en dos ramas una de ellas da origen al nervio palatino mayor que es el responsable de la inervación.

PALADAR BLANDO

Es la continuación del paladar duro, llega hasta la epiglotis. esta compuesto por el músculo palatino y tejido glandular, en los ovinos y los caprinos este mide aproximadamente 5 cm de longitud.(18,36,39)

Irrigación sanguínea.

La arteria palatina

Inervación

Recibe la inervación del nervio palatino mayor.(50)

LENGUA

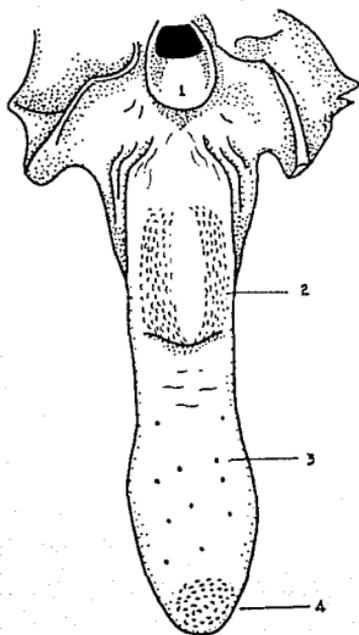
Es un órgano de tipo muscular, que se localiza en el piso de la boca entre las dos ramas mandibulares. La lengua tiene dos tipos de músculos a los que se les divide en extrínsecos e intrínsecos, los extrínsecos son el hiogloso, condrogloso, el geniogloso, esfiogloso y el palatogloso, los intrínsecos son el longitudinal superior transverso de la lengua y el vertical de la lengua.(4,38,50)

Para hacer una descripción adecuada de este órgano es necesario incluir los diferentes tipos de papilas; filiformes, fungiformes, lenticulares y cónicas.

Papilas filiformes: son cornificadas, en el vacuno forman rugosidades y en los ovinos y caprinos son blandas dando una apariencia lisa a la lengua.

Papilas fungiformes: tienen forma de hongo, poseen las terminaciones gustativas y los encontramos mezclados con las filiformes. Se encuentran en mayor número en las partes laterales.

Papilas lenticulares y cónicas, están presentes pero en un número menor. (fig. 2).(50)



BOVINO

- 1) Epiglotis
- 2) Papilas lenticulares y cónicas
- 3) Papilas fungiformes
- 4) Papilas filiformes

FIGURA 2 **PAPILAS DE LA LENGUA**
(Tomado de Sisson, S. y Grossman, J. 1983)

Irrigación sanguínea.

La arteria lingual y la sublingual

Inervación

El nervio lingual, una rama del mandibular y los nervios facial, glossofaríngeo e hipogloso.(4,50)

DIENTES

Son órganos duros, de color blanco con apariencia ósea que se localizan a la entrada del Aparato Digestivo.(6,10)

Los animales poseen dos tipos de dientes los temporales que aparecen antes del nacimiento y enraizan al año aproximadamente, para ser reemplazados por los permanentes en el caso de los rumiantes se encuentran las siguientes piezas dentarias;(10,25,50)

Incisivos.....pinzas

Caninos.....

Premolares.....cuñas.

Molares.

Se distribuyen de la siguiente manera; 2(I o/o, C o/o, PM 3/3, M 3/3) permanentes (cuadril), en la etapa de los dientes temporales no se encuentran los molares. Cuando ya están presentes todos los dientes permanentes empiezan a sufrir cierto desgaste dependiendo de la edad del animal (fig.3))

La estructura del diente es la siguiente:

Esmalte: es la sustancia más dura del cuerpo y está compuesta por sales de calcio.

Dentina: es la capa que se encuentra abajo del esmalte, la cual forma la mayor parte del diente, está integrada por células que producen los odontoblastos, en el centro del diente se localiza un hueco para la entrada de los nervios e irrigación.

Cemento: es una capa delgada y dura de tipo óseo, que cubre la raíz.

Pulpa: es tejido suave ubicado en el centro del diente donde están los vasos sanguíneos y los nervios.

(fig. 4).

También para su estudio el diente se divide en corona, cuello y raíz.

Corona: parte visible del diente cuando está en situ.

Cuello: La unión entre la corona y la raíz

Raíz: es la parte que queda introducida en el alveólo del hueso. (8,53)

Irrigación sanguínea

Está dada por las arterias, mandibular, infraorbital, incisiva mandibular y la incisiva maxilar. (4)

Inervación

El nervio maxilar y el mandibular alveolar (4,50)

CUADRO 1. FORMULAS Y ERUPCION DE LOS DIENTES DE LOS BOVINOS.

Desiduos(temporales)		Permanentes	
Uaca 2(I 0/4,C 0/0,P 3/3)		2(I 0/4,c 0/0,P 3/3,M 3/3)	
I 1	Nacimiento 2 semanas	I 1	1.5 - 2 años
I 2	" " " "	I 2	2 - 2.5 años
I 3	" " " "	I 3	3 años
I 4	" " " "	I 4	3,5 años
P 1	Nacimiento a pocos días	P 1	2.0-2.5 años
P 2	" " " "	P 2	1.5-2.5 años
P 3	" " " "	P 3	2.5-3 años
		M 1	5 a 6 meses
		M 2	1 a 1.5 años
		M 3	2 a 2.5 años

Oveja.

2(I 0/4,C 0/0, P 3/3)		2(I 0/4,C 0/0,P 3/3,M 3/3)	
I 1	Nacimiento a	I 1	1 - 1.5 años
I 2	1 semana	I 2	1.5 - 2
I 3	1 a 2 semanas	I 3	2.5 - 3
I 4	3 - 4 semanas	I 4	3.5 - 4
P 1	2 - 6 semanas	P 1	1.5 - 2 años
P 2	" " "	P 2	" "
P 3	" " "	P 3	" "
		M 1	3 - 5 meses
		M 2	9 - 12 meses
		M 3	1.5 - 2 años

Tomado de Frandson, D.R., 1976.

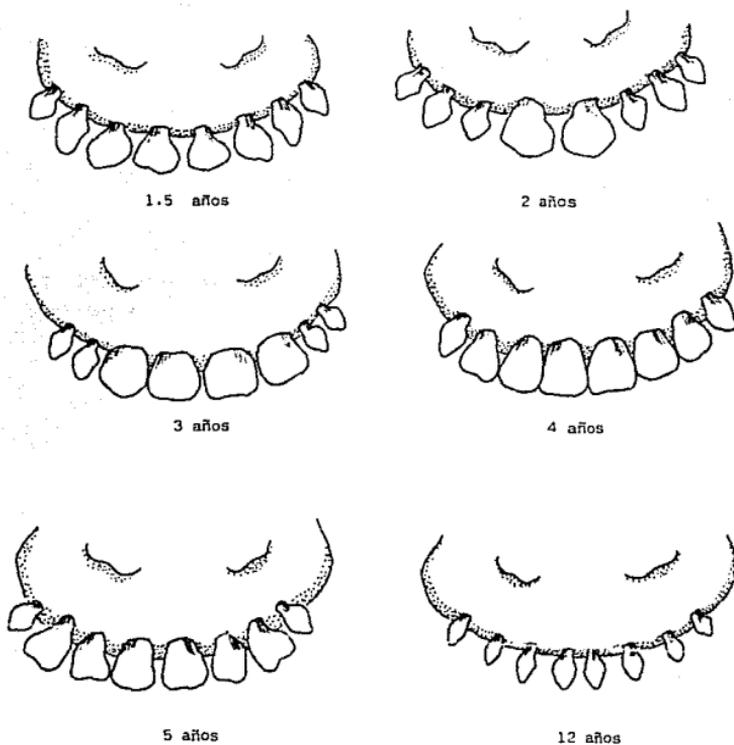
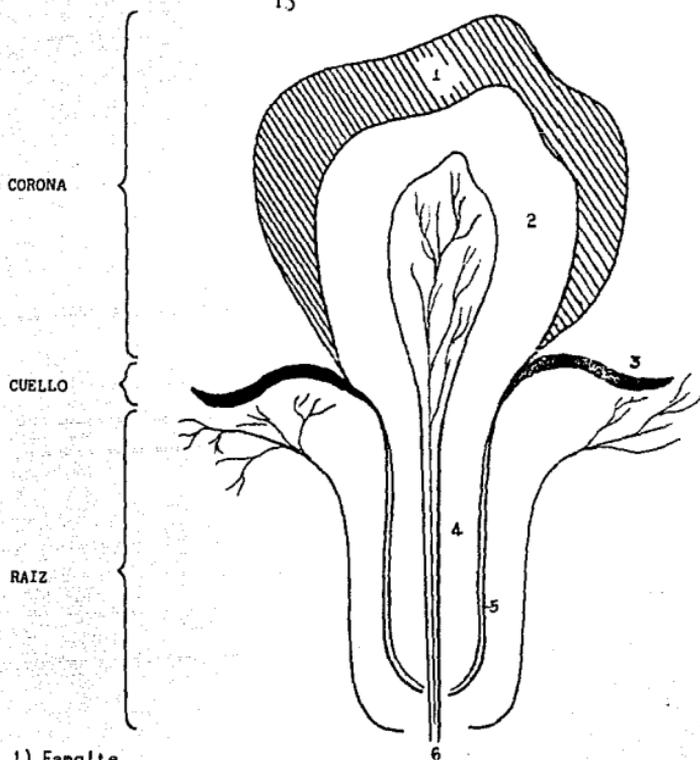


FIGURA 3. DESGASTE DE LOS DIENTES DE BOVINO
(Tomado de Bone, J., 1983)

13



- 1) Esmalte
- 2) Dentina
- 3) Encía
- 4) Pulpa
- 5) Cemento
- 6) Nervio

FIGURA 4. ESTRUCTURA DEL DIENTE DE BOVINO
(Tomado y modificado de Frandson, D.R., 1976)

GLANDULAS SALIVALES

Los ruminantes poseen diversas glándulas salivales; cinco de ellas son pares y tres impares; entre las pares están la parótida, la mandibular, la molar inferior, la sublingual ventral y la bucal. Las glándulas impares son, la palatina, la faríngea y la glándula labial. (11,39)

Sin embargo, las glándulas de mayor importancia por su tamaño son la parótida, la mandibular y la sublingual, (fig. 5) de las cuales se hará una breve descripción. (50)

Glándula parótida.

La glándula parótida en los bovinos tiene forma triangular y es de color rojo oscuro, está situada sobre el músculo masetero a lo largo del borde caudal de la mandíbula, cerca del oído. Tiene dos caras una superficial y la otra interna.

Cara superficial: se relaciona con los músculos parótido auricular y cigomático auricular.

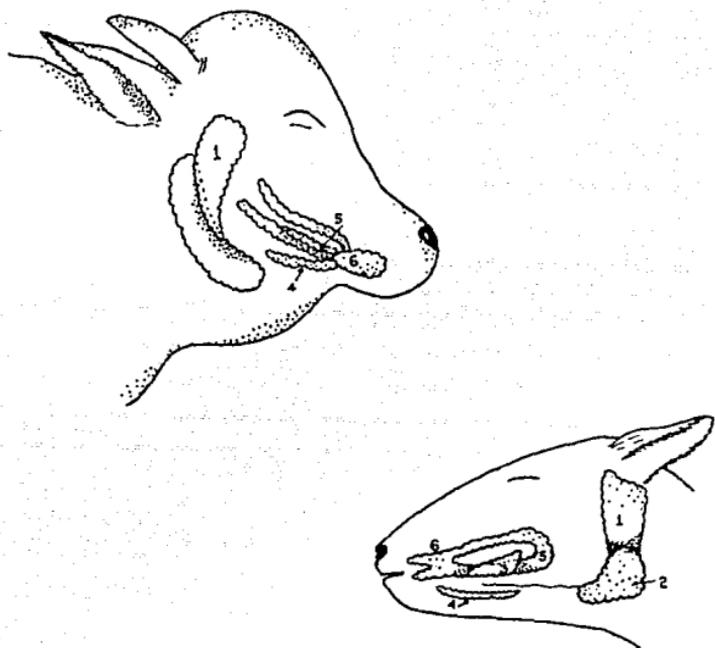
Cara interna: se limita con el ángulo del hueso estilohioideo, los músculos occipitohioideo y el digástrico. (50)

Irrigación sanguínea.

Esta dada por la arteria parótida y ramas anteriores y posteriores de la arteria auricular. Las venas son de la yugular externa. (39)

Inervación

Esta inervada por los nervios trigémino, glossofaríngeo, bucal, aurículo temporal y por último el facial. (15,39)



- 1) Glándula parótida
- 2) Glándula submaxilar
- 3) Glándula inferior molar
- 4) Glándula sublingual
- 5) Glándula bucal
- 6) Glándula labial

FIGURA 5. LOCALIZACION DE LAS GLANDULAS SALIVALES
 (Tomado de Church, D.C. 1975 y Price, CH. y Reed, J.E., 1974)

Glándula mandibular.

La glándula mandibular; es la de mayor tamaño, presenta lobulaciones y un color amarillo pálido característico. En la oveja tiene forma triangular, se encuentra sobre el ángulo de la mandíbula y cerca de la ala del atlas, la parte ventral es redondeada y está entre el espacio intermandibular.

Irrigación sanguínea.

En bovino, hay ramas de la arteria facial y la lingual, las venas son la linguofacial y la facial; en ovinos y caprinos la arteria laríngea craneal y la arteria lingual, las venas son la linguofacial y la facial.(50)

Inervación.

Es dada por ramas del nervio facial.(39)

Glándula sublingual.

La glándula sublingual: son dos glándulas una llamada polistomática y la otra es la monostomática.

Polistomática: se localiza en el suelo de la mucosa de la boca, entre el inicio de la mandíbula hasta el tercero o cuarto molar.

Monostomática: es más chica y ancha de color rosa y se encuentra entre la polistomática. Ambas se limitan a los lados con el músculo milohioideo y el nervio sublingual, internamente con el músculo hipogloso, el estilogloso y el geniogloso, ventralmente con el geniohioideo.(50)

Irrigación sanguínea.

Las arterias lingual y sublingual y la vena sublingual.

Inervación

El nervio lingual, de la mandíbula y nervios simpáticos (39)

FARINGE

Es un conducto para el paso común de alimento y del aire inspirado, está tapizada de mucosa y rodeada de músculo.

Se limita en la parte craneal con el paladar duro, caudalmente esta el esófago y el tubo laríngeo traqueal dorsalmente la faringe está relacionada con la base del cráneo. Ahora bien, la ubicación de la faringe está entre los dos maseteros y los dos grandes brazos del hioides, en el espacio intermaxilar, por otra parte cabe la aclaración que para su unión cuenta con los siguientes músculos, el palatino, el pterigoideo, el estafilino, el hiofaríngeo, el tirofaríngeo, el cricofaríngeo, y el estilofaríngeo.(18,37)

Irrigación sanguínea.

Esta dada por la arteria carótida común y la vena maxilar.

Inervación.

Los nervios simpáticos; nervios glosofaríngeos, el nervio hipogloso y ramas del vago.(50)

ESOFAGO

Se define como un conducto membranoso y muscular (entre músculos íriteno-esofageanos, esofageanos longitudinales y cricoesofageanos) que va desde la faringe y termina donde inicia el cárdias.

De acuerdo a su ubicación el esófago se divide en tres partes; cervical, torácica y abdominal.

Parte cervical; pasa dorsalmente a la tráquea y a la mitad del cuello se desvía al lado izquierdo y penetra a la cavidad torácica.

Parte torácica: inicia aproximadamente en la primera vertebra, pasa por la parte dorsal de la tráquea y sobre la base del corazón para posteriormente penetrar en la cavidad abdominal.

Parte abdominal: al penetrar en esta cavidad, se encurva hacia abajo entre el diafragma y termina en el cárdias.

Por lo tanto sus relaciones son muy variadas dependiendo del tamaño del animal. En los bovinos el esófago va de 90 a 105 cm. y con un diámetro de 5 cm., en los ovinos y caprinos el diámetro varía a 2.5 cm. aproximadamente. (6,50)

Irrigación sanguínea.

Esta dada por la arteria carótida como izquierda por la parte cervical y la arteria esofágica por la parte torácica. Las venas son ramas de la vena tiroidea, yugular, cava y la esofágica.

Inervación.

La rama faríngea del vago, el nervio laríngeo recurrente y el nervio laríngeo craneal. (39,50)

ESTÓMAGO.

El estómago de los ruminantes, está compuesto por cuatro compartimientos (fig. 6), los cuales ocupan casi tres cuartas partes de la cavidad abdominal del lado izquierdo.

Los compartimientos son los siguientes:

Rumen.....herbario
 Reticulo.....redcilla, bonete
 Omaso.....librillo, salterio
 Abomaso.....cuajar ó estómago verdadero. (6,19,50)

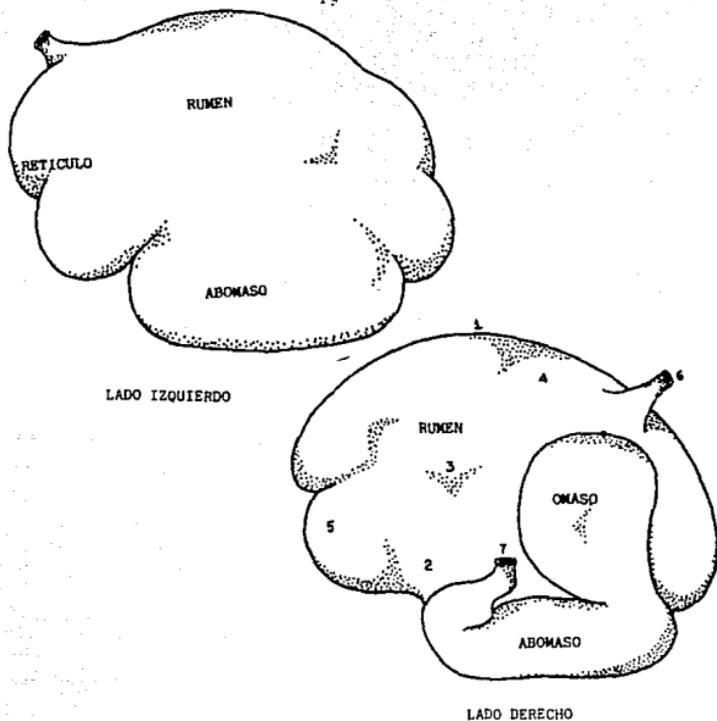
Por fuera el estómago está dividido por surcos, el tamaño de los compartimientos va a depender de la edad de los animales, por ejemplo en los bovinos:

Recién nacido. El rumen y el reticulo estan colapsados y miden la mitad del abomaso.

8 semanas.- El rumen y el reticulo son iguales al abomaso.

12 semanas. El rumen y el reticulo, forman el doble del abomaso

12 a 18 meses. El omaso es igual al abomaso. (25)



- | | |
|-------------------------------|-----------------|
| 1) Curvatura dorsal | 5) Saco ventral |
| 2) Curvatura ventral | 6) Cardias |
| 3) Surco longitudinal derecho | 7) Píloro |
| 4) Saco dorsal | |

FIGURA 6. PARTES DEL RUMEN
(Tomado de Shimada, S. R., 1984)

En bovinos ocupa el 60% y en ovinos y caprinos el 71% del volumen gástrico total. Se localiza del lado izquierdo está a nivel de la séptima y octava costillas, hasta la pelvis (fig. 7).

Posee dos superficies, dos curvaturas y dos extremos:

-Superficie parietal: es convexa y limita con el diafragma, el bazo y la pared abdominal.

-Superficie visceral: se relaciona con el omaso, obomaso, hígado, intestino, páncreas y riñón izquierdo.

-Curvatura dorsal: está formada por el diafragma y los músculos sublumbares, se localiza al nivel de la cuarta vértebra. (15,50)

-Curvatura ventral: es el suelo del codozen.

En la superficie del rumen existen surcos longitudinales; derecho e izquierdo y los sacos dorsal y ventral. (50)

Reticulo

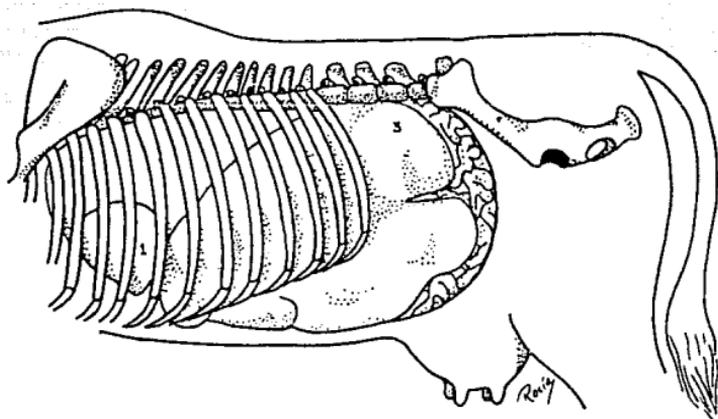
Es el más chico de los compartimientos en los bovinos ocupa el 5% y en los ovinos y caprinos el 8% del volumen total. El retículo está ubicado entre la séptima y octava costilla izquierda, es convexo se relaciona con los pulmones el diafragma y el pericardio. (6,37,44)

Omaso

Ocupa en los bovinos un 7% y en los ovinos y caprinos un 2%, se localiza del lado derecho a nivel de la séptima y onceava costilla.

Posee dos superficies una parietal que se relaciona con el diafragma e hígado y otra visceral que se limita con el rumen, retículo y el obomaso. (25,50)

LADO IZQUIERDO



- 1) Corazón
- 2) Pulmón
- 3) Rumen

FIGURA 7. LOCALIZACION DEL RUMEN.
(Tomado de Berg, R. 1978)

Su tamaño y localización va a variar dependiendo de la edad del animal. En un bovino adulto ocupa el 6% y un 19% en ovinos y caprinos del total del estómago compuesto y se ubica más hacia el lado izquierdo entre el noveno y décimo espacio intercostal. (fig. 8).

Las superficies del abomaso son las siguientes:

La superficie parietal: se relaciona con el suelo del abdomen.

La superficie visceral: se relaciona con el rumen y el omaso.

Cuenta además con dos curvaturas, una mayor que está unida al omento mayor y una menor que se une al omento menor.

Este compartimiento tiene su término en el orificio llamado píloro y da inicio al Intestino delgado. (6,25,50)

Irrigación sanguínea.

Proviene de ramas de la arteria celiaca (hepática, esplénica y gástrica derecha) y dos ramas de la vena porta, la esplénica y la gastroduodenal. (fig. 9.)

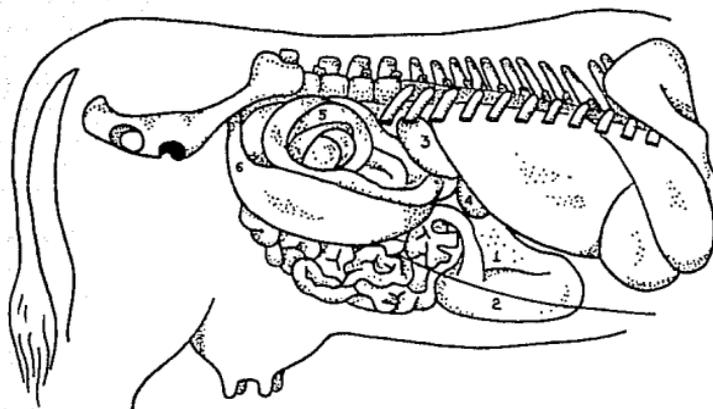
Inervación

Están presentes el tronco vago ventral y el tronco vago dorsal. (4,13)

INTESTINO DELGADO

El intestino delgado es un conducto que posee pliegues en la mucosa y en su interior glándulas intestinales, inicia a partir del píloro y termina donde da inicio el intestino grueso: en los bovinos llega a medir 40 metros de longitud y de diámetro 6 centímetros, en los ovinos y caprinos llega a medir 25 metros y 3 centímetros respectivamente. (6,18)

LADO DERECHO



. BOVINO

- 1) Omaso
- 2) Abomaso
- 3) Hígado
- 4) Vesícula biliar
- 5) Intestino grueso
- 6) Ciego.

FIGURA 8 . LOCALIZACION DEL OMASO Y ABOMASO
(Tomado de Popesko, P. 1981)



- 1) Aorta
- 2) Tronco vago dorsal
- 3) Ramas del plexo celiaco
- 4) Rama ruminal derecha
- 5) Tronco vago ventral
- 6) Arteria celiaca
- 7) Arteria hepática
- 8) Arteria esplénica
- 9) Arteria gástrica izquierda
- 10) Arteria reticular

**FIGURA 9. IRRIGACION SANGUINERA E INERVACION
DEL RUMEN**

(Tomado y modificado de Sisson, S. y Grossman, J. 1983).

El intestino delgado se divide en tres partes que son las siguientes: duodeno, yeyuno e ileon, que se describirán a continuación. (fig. 10)

Duodeno.

El duodeno mide aproximadamente 1 metro de largo, inicia en el piloro, en su trayecto pasa por la parte ventral del hígado, forma una curva llamada asa sigmoidea, posteriormente la parte descendente del duodeno pasa por la pelvis y la parte ascendente pasa del lado izquierdo de la arteria mesentérica craneal. Por otro lado está unido al omento menor, a la bolsa duodenal y a la bolsa omental.

Ahora bien, en la segunda asa sigmoidea se localiza el conducto biliar y el conducto pancreático.(7,37,51)

Yeyuno.

El yeyuno ocupa casi el 90 % del intestino delgado. En todo su trayecto se encuentra formando pliegues en U, alrededor del mesenterio y limita con el lado derecho del rumen.(19,50)

Ileon.

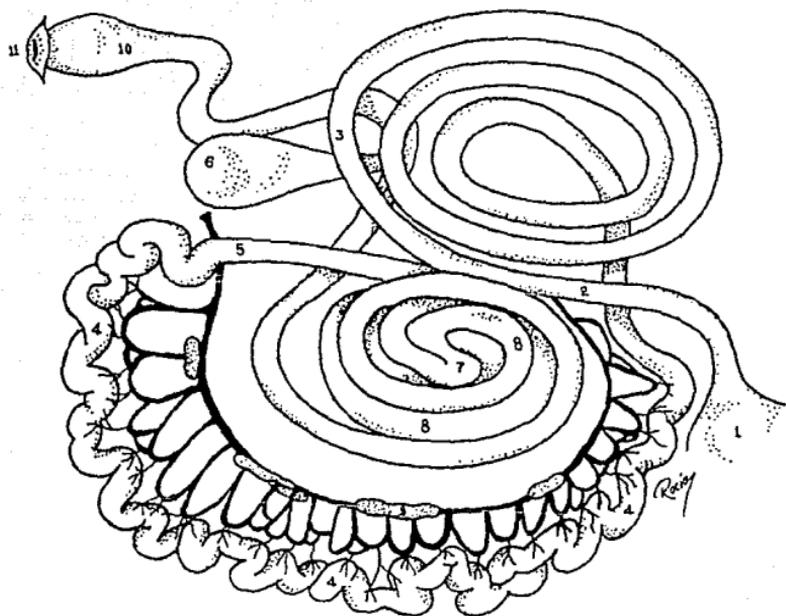
El ileon es la parte terminal del intestino delgado, su parte craneal se une al ciego y al colon.(7,19)

Irrigación sanguínea.

Las ramas que irrigan el intestino delgado proceden de las arterias gástrica derecha, gastroepiploica homolateral, pancreático-duodenal caudal, gastroduodenal, mesentérica craneal, cólica media y la cecal. Las venas son la vena porta, la vena mesentérica craneal y la caudal.(50)

Inervación.

Esta inervado por el sistema nervioso autónomo. (5)



- | | |
|---------------------|----------------------------|
| 1) Abomaso | 7) Pliegues centrípetos |
| 2) Duodeno | 8) Pliegues centrífugos |
| 3) Flexura duodenal | 9) Linfáticos mesentéricos |
| 4) Yeyuno | 10) Recto |
| 5) Ileon | 11) Ano. |
| 6) Ciego | |

FIGURA 10. INTESTINOS DE BOVINO

(Tomado y modificado de Popesko, P.1981 y de Sisson, S. y Grossman, J. 1983)

INTESTINO GRUESO

El intestino grueso de los rumiantes es más pequeño que el intestino delgado, se localiza del lado derecho del abdomen y se extiende desde donde termina el ileon hasta el ano. Está constituido por dos estructuras que son el ciego y el colon. (6,18,50)

Ciego.

El ciego en los bovinos mide en promedio 75 centímetros de largo y 12 centímetros de diámetro, en los ovinos mide 25 centímetros y 8 centímetros respectivamente. Se localiza en la parte ventral al nivel de la última costilla y se une al mesenterio del lado derecho y al pliegue cecocólico del colon. (18,50)

Colon.

El colon mide 10 metros de largo en los bovinos y 5 metros en los ovinos y caprinos, los diámetros son muy variables. Para una descripción más adecuada del colon se usa la siguiente división; colon ascendente, asa proximal, asa espiral, pliegues centripetos, flexura central, pliegues centrifugos, asa distal, colon transverso y colon descendente.

La ubicación del colon es como sigue; cranealmente está a dos capas del mesenterio (intestino delgado), en esta parte el asa espiral que es aplanada en forma de disco, la primera porción está en sentido centrifugo. El asa distal procede de este último giro, se continúa con el colon transverso que es muy corto pasa cranealmente por la arteria mesentérica craneal y prosigue con el colon descendente que pasa por abajo del riñón derecho forma una ligera flexura sigmoidea cerca de la pelvis y se inicia el recto. (44,50)

Irrigación sanguínea.

El riego sanguíneo está dado por las arterias cólica ileocólica, cecal, mesentérica y las venas ileocólica, mesentérica caudal, cólica media y cólica izquierda.

Inervación.

Deriva del plexo mesentérico y del plexo simpático. (50)

RECTO

El recto es la parte final del intestino y se ubica a la entrada de la pelvis para terminar en el ano.

Limita dorsalmente con las vértebras sacras, ventralmente con el aparato reproductor y lateralmente se localiza la pelvis.(4,6,50)

Irrigación sanguínea.

Está dada por las arterias rectal craneal, mesentérica caudal y ramas de la arteria urogenital. Las venas son satélites de las arterias.

Inervación.

Es inervado por el plexo mesentérica caudal y el plexo rectal craneal.(50)

ANO

El ano es la parte final del aparato digestivo y se encuentra debajo de la base de la cola. Cabe destacar que en el ano se localizan tres músculos que son el sphincter ani internus, el sphincter ani externus, y el retractor ani.(6,10)

Irrigación sanguínea.

Los vasos sanguíneos son ramas terminales de la arteria rectal media, craneal y rectal.

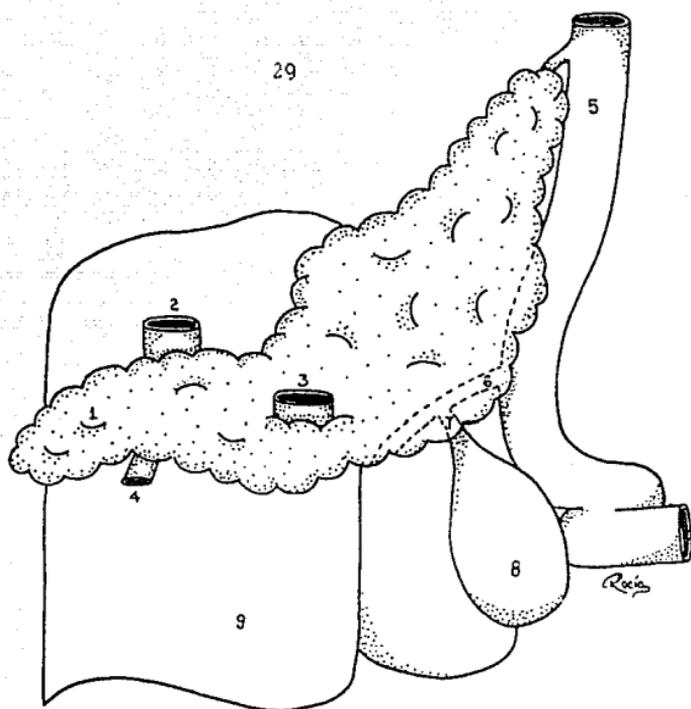
La vena es la cólica izquierda.

Inervación.

Los nervios rectal caudal y el perianal profundo.(50)

PANCREAS

El páncreas es una glándula, tiene un peso promedio en los bovinos de 400 gramos y en los ovinos y caprinos 60 gramos. Se localiza a la derecha de la línea media y dorsalmente se adhiere al hígado, presenta dos lóbulos uno izquierdo y otro derecho.(fig 11)(4,6,23)



- 1) Lóbulo izquierdo
- 2) Vena cava
- 3) Vena porta
- 4) Vena esplénica
- 5) Duodeno
- 6) Conducto biliar común
- 7) Conducto cístico
- 8) Vesícula biliar
- 9) Hígado

FIGURA 11. PANCREAS DE BOVINO

(Tomado y modificado de Sisson, S. y Grossman, J. 1983)

Lóbulo izquierdo; se relaciona con el hígado, las venas porta y cava caudal, así como con el diafragma, el rumen e intestino.

Lóbulo derecho, este se adhiere al hígado y la parte ventromedial se relaciona con el intestino y el colon. En este lóbulo se localiza una estructura llamada conducto pancreático, este penetra en el duodeno unos 30 centímetros atrás del conducto biliar. (10,23,50)

Irrigación sanguínea.

Recibe ramas de la arteria celíaca (gástrica izquierda, hepática y esplénica), la arteria mesentérica y la arteria pancreática duodenal caudal. Las venas son la vena porta, esplénica y mesentérica craneal.

Inervación.

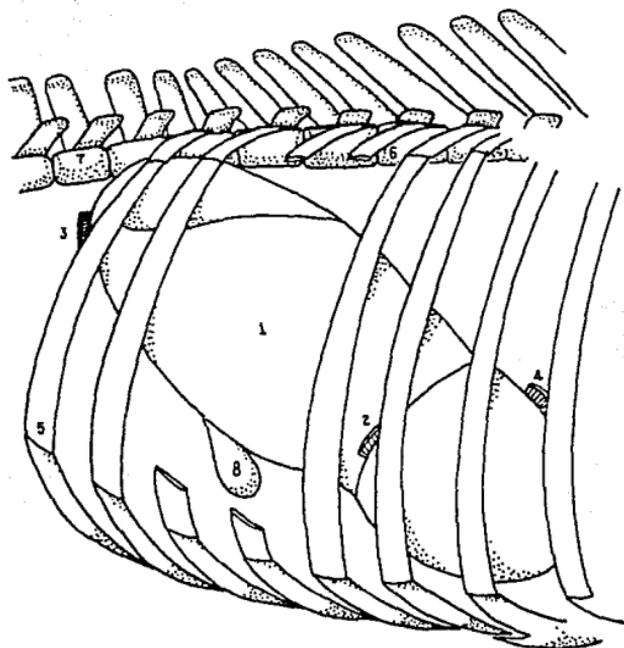
Proviene de las ramas del plexo simpático celíaco y el plexo mesentérico. (23,39,50)

HIGADO

El hígado es la glándula de mayor tamaño del cuerpo, en los rumiantes está en el plano medio entre la séptima y la última costilla del lado derecho, debido a que el rumen ocupa el lado izquierdo (fig.12). Tiene un peso aproximado de 4.5 a 5.5 kilogramos en bovino y 550 a 700 gramos en ovinos y caprinos. (6)

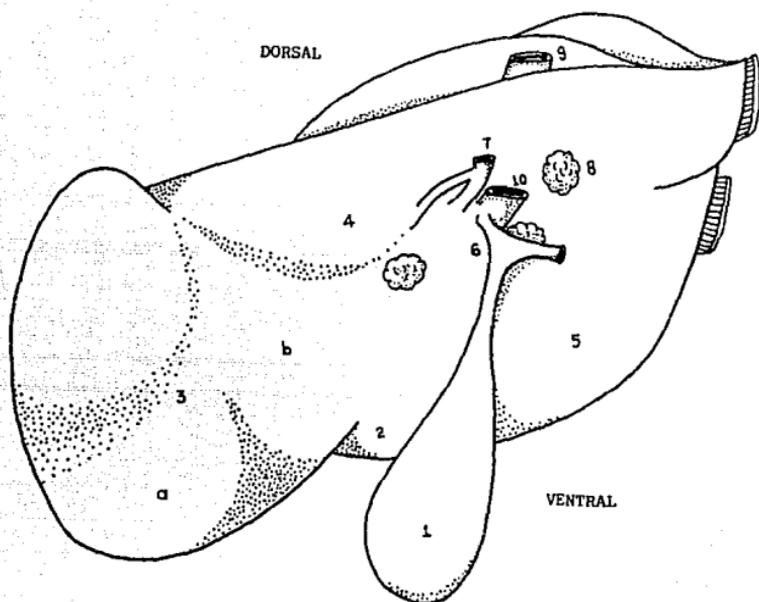
Ahora bien, el hígado cuenta con dos superficies, una llamada diafragmática y la otra visceral, así como cuatro bordes, derecho, izquierdo, ventral y dorsal; y por último dos lóbulos denominados cuadrado y caudado (fig. 13).

La superficie diafragmática; se encuentra en la mitad del hueco del diafragma y una pequeña parte esta en relación con las dos últimas costillas.



- 1) Lóbulo derecho
- 2) Ligamento falsiforme
- 3) Ligamento triangular derecho
- 4) Ligamento triangular izquierdo
- 5) Treceava costilla
- 6) Novena vértebra torácica
- 7) Segunda vértebra lumbar
- 8) Vesícula biliar

FIGURA 12. LOCALIZACION DEL HIGADO DE BOVINO
(Tomado de Popesko, P., 1981)



- 1) Vesícula biliar
 - 2) Lóbulo cuadrado
 - 3) Lóbulo hepático izquierdo
 - 4 y 5) Lóbulo cuadrado
 - 6) Conducto hepático
 - 7) Arteria hepática
 - 8) Ganglios linfáticos
 - 9) Vena cava caudal
 - 10) Vena porta
 - 11) Conducto coledoco
- a) Impresión abomasal
- b) Impresión omasal

FIGURA 13. PARTES DEL HIGADO DE BOVINO
 (Tomado de Popesko, P., 1981)

Su ubicación es dorsal, craneal derecha, está unida por medio del ligamento falsiforme .

La superficie visceral es de forma cóncava, y se localiza en esta la vena porta, la arteria hepática y el conducto hepático común. También se localiza el ligamento redondo , así como varias impresiones dadas por el esófago, el omaso y la vesícula biliar

Borde derecho; es caudal, tiene una impresión dada por el riñón derecho y la glándula adrenal.

Borde izquierdo; es curvado.

Borde ventral; aquí encontramos la fosa de la vesícula biliar y el ligamento redondo.

Borde dorsal; está en la parte media y posee la vena cava caudal.(6,50)

Los lóbulos se localizan entre la vena cava y la rama izquierda de la vena porta, el lóbulo caudado y el cuadrado entre la vena izquierda y el borde ventral del hígado.

Una parte de gran importancia en el hígado es la vesícula biliar, que se define como un saco en forma de pera de unos 10 a 15 centímetros de largo aproximadamente. Se localiza entre la décima y onceava costilla del lado derecho. De la vesícula biliar, sale el conducto biliar que va unido a los ramos de la vena porta y da origen a los conductos hepáticos. El conducto biliar se une al duodeno en la segunda asa sigmoidea.(18,37)

Irrigación sanguínea.

Está dada por la vena porta, las tres venas hepáticas(dextra, media y sinistra) y la arteria hepática que proporciona varias ramas.

Inervación.

Procede del nervio vago y el plexo hepático. (6)

DESCRIPCION HISTOLOGICA DEL APARATO DIGESTIVO DE LOS RUMIANTES
DOMESTICOS

BOCA.

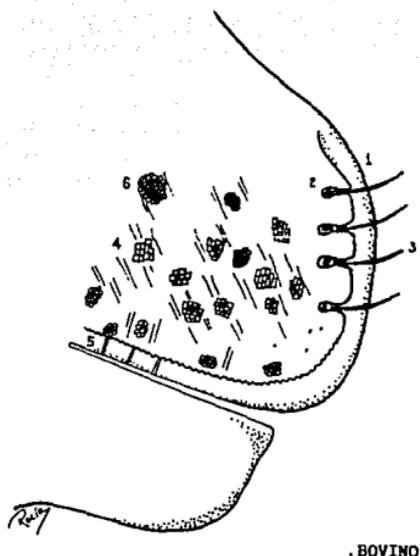
La cavidad bucal, no tiene una forma específica debido a las diferentes estructuras que en ellas se alajan y cambian su morfología. Por ello, se dice que la cavidad bucal es una extensión de la piel que está cubierta por mucosa tegumentaria con epitelio plano estratificado y un cuerpo papilar alto.(2,26)

LABIOS.

Los labios se definen como dos estructuras músculo membranosas que vienen siendo la unión de la dermis y la mucosa bucal (fig. 14), la primera capa que presenta es delgada posee epitelio escamoso estratificado queratinizado y en ella se encuentran glándulas sebáceas, glándulas sudoríparas y folículos pilosos. La parte central de los labios está cubierta por tejido conjuntivo fibroso y músculo esquelético (oris orbicularis), más abajo hay lámina propia y la túnica submucosa.(33,34)

MEJILLAS.

Las mejillas están constituidas por piel, una lámina epitelial, donde se ubican papilas de tejido conectivo, luego encontramos la lámina propia que se une al músculo (orbicular y buccinator) y por último una túnica submucosa en la cual se localizan glándulas serosas.(26,33)



. BOVINO

- 1) Epidermis
- 2) Glándula sebácea
- 3) Folículo piloso
- 4) Músculo orbicular de los labios
- 5) Epitelio bucal
- 6) Glándula mucosa

FIGURA 14 HISTOLOGÍA DE LOS LABIOS
 (Tomado y modificado de Lesson, T. y Lesson. R., 1985)

PALADAR DURO.

El paladar duro lo integran las siguientes capas: primeramente hay epitelio escamoso estratificado queratinizado (el cajinete dental posee epitelio queratinizado), internamente se localizan largas papilas vasculares que le dan la coloración característica. Las siguientes capas son la lámina propia, tejido submucoso, tejido adiposo y por último el periostio fibroso. (2,34)

PALADAR BLANDO.

El paladar duro, así como la úvula están cubiertos por epitelio plano no queratinizado, y cerca de la faringe cambia a epitelio cilíndrico cilado pseudoestratificado, la mucosa es laxa y presenta unas cuantas glándulas mucosas. (8)

LENGUA.

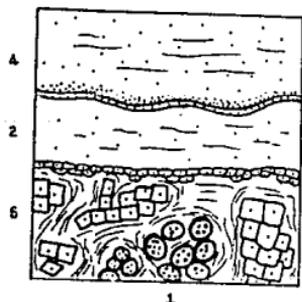
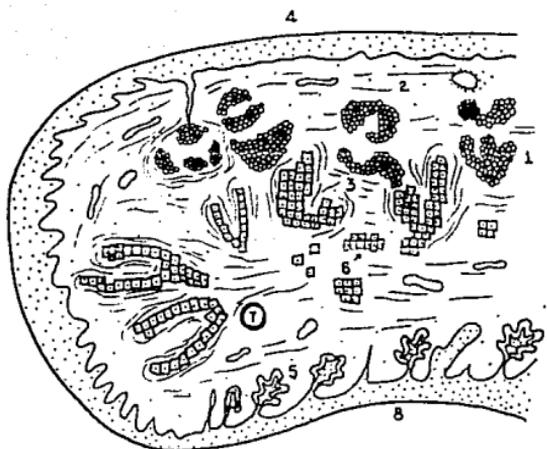
La lengua es cubierta en su superficie dorsal por epitelio escamoso estratificado, en su interior existe músculo estriado localizado en tres planos diferentes, entre los cuales se encuentra el tejido conjuntivo, y la capa mucosa está fuertemente adherida a la capa muscular. (8,52)

Como se señaló en el primer capítulo, este órgano tiene en su superficie pequeñas proyecciones llamadas papilas que se describirán a continuación (fig. 15) :

Papilas filiformes: son delgadas, con un centro primario de tejido conectivo de la lámina propia y están cubiertas por una capa de epitelio parcialmente queratinizado y duro. (26,34)

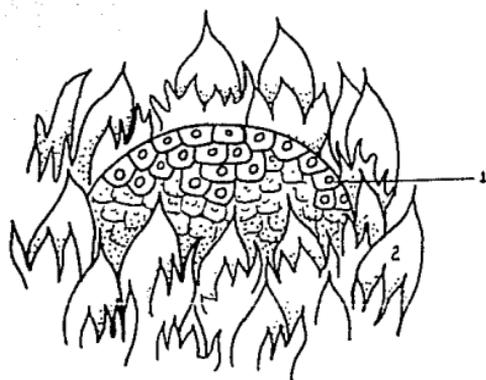
Papilas fungiformes: tienen la forma de un hongo en el centro muestran tejido conectivo, el epitelio de recubrimiento es muy delgado, por ello es tan notoria la vascularización del núcleo.

Papilas cónicas: presentan tejido conjuntivo y una cubierta de epitelio (fig. 16). (33,34,52)



- 1) Glándulas mucosas
- 2) Túnica propia
- 3) Submucosa
- 4) Epitelio escamoso estratificado
- 5) Glándula sebácea
- 6) Músculo oral orbicular
- 7) Arteria
- 8) Epidermis

FIGURA 15 HISTOLOGIA DE LA LENGUA
(Tomado y modificado de Netter, f.H. 1979)



- 1) Papula fungiforme
- 2) Papila filiforme
- 3) Papila cónica
- 4) Papila circunvalada

FIGURA 16 **PAPILAS DE LA LENGUA**
 (Tomado de Banks., J. W., 1986)

DIENTES.

Los ruminantes poseen dientes denominados hipsodontes debido a su complejidad y a su constante erupción, estos están compuestos por cuatro elementos; esmalte, dentina, cemento y pulpa, los cuales se describieron en forma general en el capítulo primero. (2,34,43)

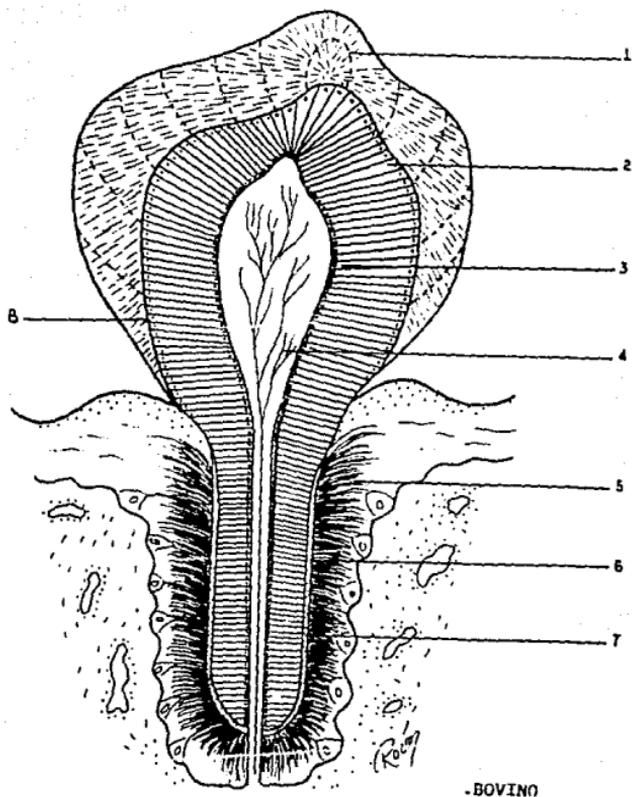
Esmalte: Cubre la dentina de la corona y está compuesto por fosfato de calcio y enamulina que es una proteína que contiene ácido aspártico, serina, glicina, prolina y ácido glutámico.

La unidad estructural son los bastones de prisma o ameloblastos que miden en promedio 5 milimicras de diámetro, con un núcleo alargada en la parte basal de la célula un gran número de mitocondrias, Aparato de Golgi y retículo endoplásmico rugoso, además junto con los ameloblastos existe la substancia interplasmática (sustancia orgánica calcificada) ahora bien, el esmalte se acomoda formando líneas lisas de Retzius (fig. 1).(5,9,26,34)

Dentina: Es un tejido calcificado parecido al hueso sin embargo este contiene más sales de calcio cuenta con fibras de colágeno y glucosaminoglucano que son sintetizados por los odontoblastos. Por otro lado, para hacer una descripción adecuada de los odontoblastos se dice que se localizan alrededor de la pulpa, son células altas con núcleo basal, citoplasma basófilo, Aparato de Golgi y retículo endoplásmico granular. (26,33,34)

En su parte superior presenta prolongaciones largas llamadas fibras dentinales de Lomes, estas corren a todo lo largo de la dentina por los túbulos dentinales, luego la dentina que está en la superficie de cada túbulo va a formar la vaina de Neumann.(14)

Cemento: es lo que cubre la dentina de la raíz y el cuello, su composición es similar al hueso; el cemento se localiza alrededor del diente, en su parte superior no tiene células y en la parte inferior hay células óseas que se conocen como cementocitos, también hay fibrillas de colágeno que rodean a la membrana periodontoidea llamadas fibras de Sharpey .(14,33)



-BOVINO

- | | |
|-------------------------------|---------------------------|
| 1) Línea de Retzius (esmalte) | 5) Membrana periodontal |
| 2) Tubulos dentinales | 6) Cemento |
| 3) Odontoblastos | 7) Cemento con células |
| 4) Pulpa | 8) Capa granulos de Tomes |

FIGURA 17 HISTOLOGIA DEL DIENTE

(Tomado y modificado de Junqueira, L.C. y Carneiro, J. 1974)

Pulpa: ocupa la parte central del diente, en su interior hay tejido conjuntivo laxo (células que forman fibras de colágeno, linfocitos, macrófagos, células plasmáticas y una capa de odontoblastos). Por el conducto inferior van a penetrar una arteria y dos venas que forman un plexo delgado, así como fibras nerviosas. (9)

GLANDULAS SALIVALES.

Las glándulas salivales mandibular, molar inferior, bucal, palatina labial y faríngea; son pequeñas agrupaciones de unidades secretoras seromucosas de la submucosa en la cavidad bucal, histológicamente tienen parecido a las glándulas parótida submaxilar y sublingual; son de forma acinar, túbulo acinares o tubulares, el sistema de conductos se compone de epitelio cúbico simple dentro de los lóbulos y epitelio cúbico en dos capas en los conductos interlobulillares mayores. La estratificación del epitelio del conducto aumenta conforme se modifica y pasa a ser escamoso estratificado. (33)

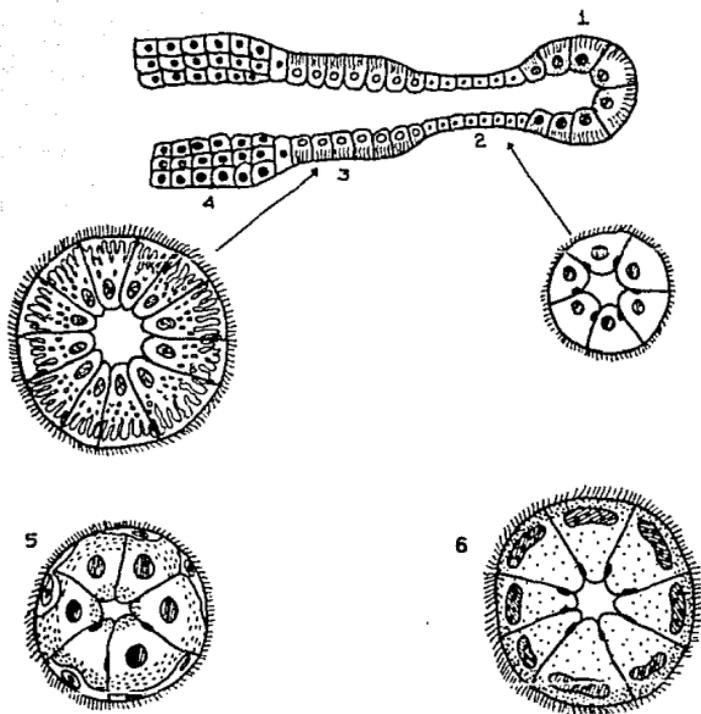
Por otra parte las glándulas parótida, submaxilar y sublingual, derivan del epitelio de dicha cavidad que se invagina dentro de la lámina propia de la submucosa. Los conductos de estas glándulas se abren en el epitelio bucal, por ello se dice que son túbulo alveolares compuestas (fig 18) (2,45)

Glándula parótida; está cubierta por una capa aponeurótica, en su interior hay acinos serosos formados por células piramidales y conductos intercalados que con túbulos pequeños cubiertos por epitelio cuboide bajo.

También se encuentran conductos estriados que presentan epitelio cilíndrico.

La cápsula fibrosa emite tabiques al interior de la glándula y la divide en lóbulos y lobulillos, luego hay conductos y acinos que están cubiertos en su parte externa por tejido conjuntivo, por su parte los acinos poseen células mioepiteliales y células piramidales con núcleo esférico basal. (3,14)

Glándula submaxilar; esta glándula es de tipo túbulo alveolar compuesta contiene acinos serosos, mucosos y mixtos. Es semejante a la glándula parótida, a diferencia de ésta, posee conductos intercalados más cortos menos notorios y son de mayor notoriedad los conductos estriados. (33,54)



- 1) Acino
- 2) Conducto intercalar
- 3) Conducto estriado
- 4) Conducto interlobular
- 5) Acino seromucoso
- 6) Acino mucoso

FIGURA 18 HISTOLOGIA DE LA GLANDULA SALIVAL
(Tomado de Frandson, D.R., 1976)

Glándulas sublingual; es una glándula de tipo túbulo alveolar compuesta morfológicamente está integrada por un acúculo de glándulas. Los acinos que se localizan en la glándula son de tipo mucoso en su mayoría y están cubiertos por células mioepiteliales. Los conductos intercalados y estriados son muy cortos, la cápsula es mas delgada y hay pocos tabiques.(54)

FARINGE.

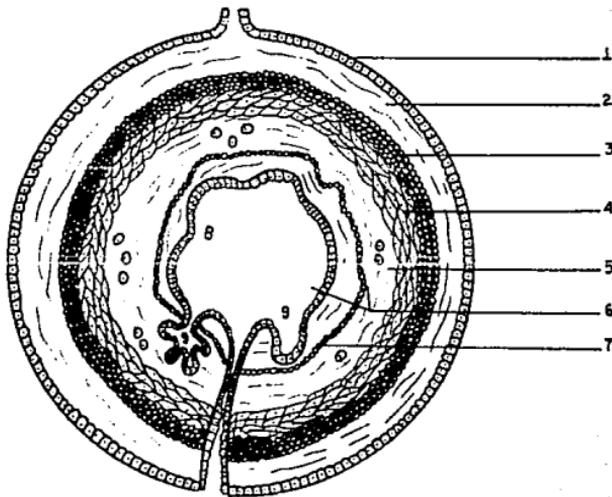
A lo largo de su trayecto que va desde la parte final de la cavidad bucal, al inicio del esófago presenta variaciones en su estructura, cuenta con tres capas, la mucosa, la muscular y por último la fibrosa.

La capa epitelial que está cerca de la cavidad es de tipo aplanada estratificada y a nivel de nasofaringe es epitelio cilíndrico pseudoestratificado ciliado, La lámina propia es una capa fibroelástica que penetra en el músculo estriado y de esta forma se une. Para terminar la descripción se dice que en el interior de la lámina propia están las amígdalas, los ganglios linfáticos y las glándulas mucosas.(2,26)

ESOFAGO.

En el esófago hay cuatro capas de adentro hacia afuera: la mucosa cubierta por epitelio escamoso estratificado, en la cual hay diferentes grados de queratinización; cuenta con lámina propia y lámina muscular (músculo liso). La siguiente capa es la submucosa, en donde hay fibras colágenas y elásticas las que forman pliegues, aquí también hay vasos sanguíneos, células ganglionares y fibras nerviosas.

La capa muscular consta de músculo estriado en la parte interna tiene forma circular y externamente es longitudinal, entre estas dos capas se localiza la innervación y la irrigación. Por último la túnica serosa y túnica adventicia se localiza en la parte externa del órgano que es tejido conectivo denso y elástico, cubierto por una capa de células mesoteliales planas (fig.19).(2,8,54)



. BOVINO

- 1) Serosa
- 2) Tejido conectivo
- 3) Músculo longitudinal
- 4) Músculo circular
- 5) Submucosa
- 6) Mucosa
- 7) Lámina propia
- 8) Pliegues
- 9) Glándulas

FIGURA 19 HISTOLOGIA DEL ESÓFAGO
 (Tomado de Copenhaver, M. 1986)

ESTOMAGO

Los ruminantes poseen un estómago con cuatro compartimientos; rumen, retículo, omaso y abomaso, las características morfológicas de estos se dieron en el capítulo II, ahora bien continuando con dicha descripción se iniciará con el primer compartimiento y así sucesivamente (fig. 20).

Rumen.

En su superficie presenta papilas cónicas de 1.2 centímetros aproximadamente; tienen un centro de tejido conjuntivo (fibras de colágeno y elástica). La lámina epitelial es escamosa estratificada cornificada, luego la lámina propia es tejido conjuntivo que se intercala con una capa submucosa, posee además una capa de tejido muscular la que da origen a los pliegues o pilares del rumen; por último la capa más externa es la serosa. (2,14)

Retículo.

El retículo, tiene una forma muy característica, la mucosa está modificada en tal forma que salen pliegues que dan la forma de panel, a estos se les denomina pliegues primarios y secundarios; en su interior presentan músculo liso que está a todo lo largo del pliegue. Así como en el caso del rumen existe lámina muscular de la mucosa, lámina de la submucosa, túnica muscular y por último la serosa. (2,26)

Omaso.

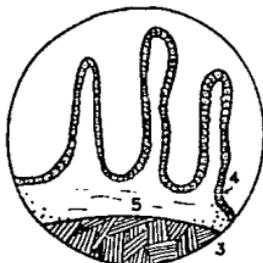
La organización histológica del omaso, macroscópicamente presenta forma de libro, tiene una mucosa queratinizada un gran número de pliegues entre los que se distingue un número aún mayor de pequeñas papilas. Estas presentan una lámina muscular mucosa, una capa doble de músculo liso, lámina propia, túnica submucosa, muscular y serosa. (2,46)

MACROSCOPICAMENTE

RUMEN



MICROSCOPICAMENTE



RETICULO

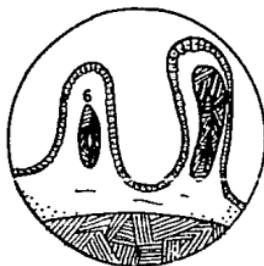
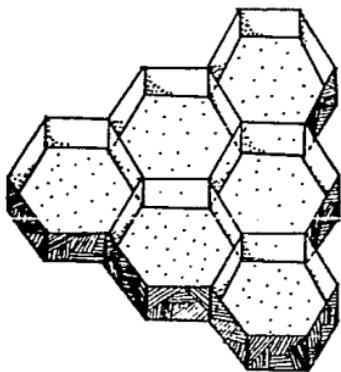
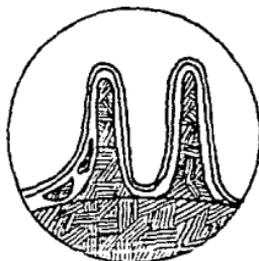
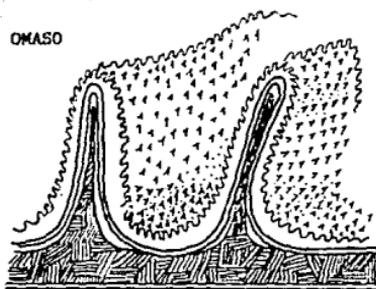
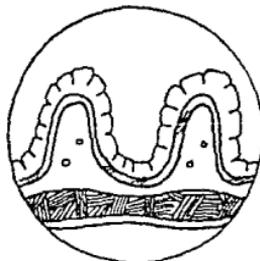


FIGURA 20 HISTOLOGIA DEL ESTOMAGO

OMASO



ABOMASO



- | | |
|----------------------------|------------------------|
| 1) Túnica serosa | 7) Pliegue reticular |
| 2) Papilas del rumen | primario |
| 3) Capa muscular | 8) Papila reticular |
| 4) Lámina mucosa epitelial | secundaria |
| 5) Lámina propia de la | 9) Lámina primaria |
| mucosa | 10) Lámina muscular de |
| 6) Músculo liso | la mucosa. |

FIGURA 20 BIS

(Tomado y modificado de Banks, J. W. 1986)

Abomaso.

El abomaso representa la parte glandular propiamente dicha, esta constituido por las siguientes partes: mucosa, en ella se encuentra una lámina epitelial mucosa, lámina epitelial y lámina muscular, la mucosa va a formar pliegues gástricos sobre la superficie, también hay depresiones donde se localizan glándulas que a continuación se describen:

a) Glándulas gástricas; ocupan la mayor parte de la lámina propia y sólo se logran ver entre ellas células y fibras de tejido conjuntivo .

b) Glándulas cardiales; son ramificaciones glomerulosas y tubulares, el epitelio es cuboide con el núcleo localizado en la parte basal de las células.

c) Glándulas fúndicas; son glándulas tubulares rectas y ramificadas, constan de un cuello, un cuerpo largo y un extremo ciego ligeramente dilatado , dentro de estas glándulas se localizan cuatro tipos de células que son las células mucosas del cuello, células principales, células parietales y células argentafines.(2,14,33)

- Células mucosas del cuello: tienen núcleo plano situado en la base de la célula ,con citoplasma basófilo.

- Células principales; son las más numerosas, tienen forma cuboide o piramidal, con núcleo esférico cerca de la base de la célula, hay gránulos de zimógenos, la zona basal de la célula tiene un retículo endoplásmico rugoso, bien desarrollado .

- Células parietales;son más grandes y menos numerosas, se presentan en forma aislada son piramidales y se localizan periféricamente a las células principales. Tienen núcleo esférico , y un citoplasma con un gran número de mitocondrias. La membrana celular de estas células se invagina y forma canaliculos intercelulares ramificados que van al centro de la célula y forman microvellosidades.

- Células argentafines; son moderadamente abundantes poseen un citoplasma con gránulos pequeños; se localizan cinco tipos diferentes de estas células, constituyendo lo que se la ha denominado sistema enterocromafín que son las células endocrinas gastrointestinales que se localizan en todo el tracto digestivo.

En la lámina epitelial, el epitelio es de tipo cilíndrico simple con células de revestimiento que secretan moco; la lámina propia es de tejido conjuntivo laxo.

Por otra parte la capa submucosa está integrada por tejido adiposo, tejido conjuntivo laxo, junto con vasos sanguíneos, nervios y células ganglionares. Por último hay una capa muscular y una de tipo serosa.(2)

INTESTINO DELGADO.

A todo lo largo del intestino delgado, se observan varias modificaciones de acuerdo a su función, por lo tanto se encuentran pliegues, criptas y vellosidades, así como diferentes capas con las siguientes características (fig.21).

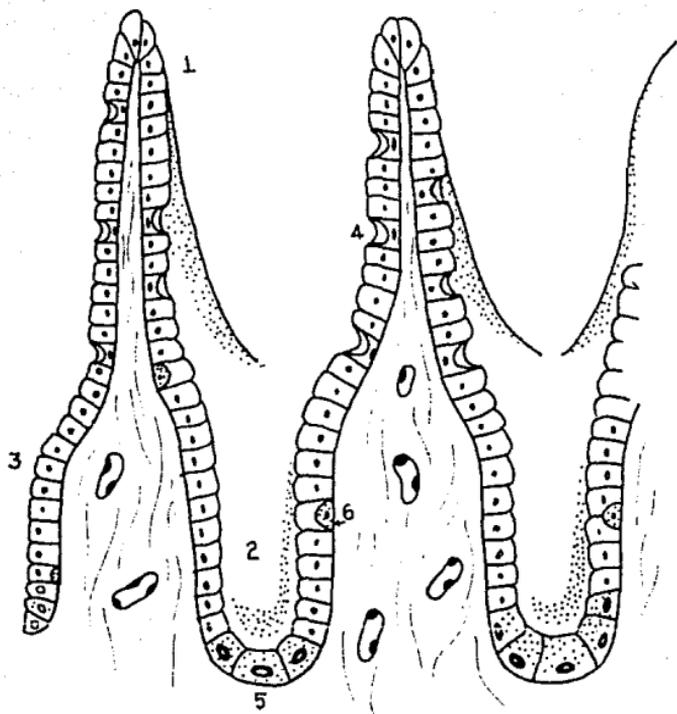
Mucosa

A diferencia de la estructura previa (rumen), la mucosa del intestino esta dispuesta en pliegues espirales y entre estas hay pequeñas prolongaciones llamadas vellosidades intestinales.

Estas a su vez estan constituidas por tres estratos; epitelio, lámina propia y una doble capa de fibras musculares. (7,14,28)

Epitelio: Es de tipo columnar simple con numerosas microvellosidades en su borde libre; también existen numerosas células caliciformes intercaladas que poseen Aparato de Golgi grande y un núcleo y un retículo endoplásmico rugoso altamente desarrollado. En la base de las vellosidades se encuentran glándulas de tipo tubular simple, formadas por varios tipos de células; las llamadas criptas Lieberkuhn estas poseen un epitelio con diversas células de revestimiento cilíndricas, en la base de dichas criptas, se observan células con prominentes granulos acidofilos en su citoplasma llamadas células de Paneth. (14,28)

Ahora bien, cerca de la región de dichas células se localizan las células enteroendócrinas, que se caracterizan por poseer una región basal ancha con abundantes granulos densos y un citoplasma claro.(14)



- 1) Vellosidad intestinal
- 2) Criptas de Lieberkuhn
- 3) Enterocito
- 4) Célula caliciforme
- 5) Célula enterocromafín
- 6) Célula de Paneth

FIGURA 21 MUCOSA DEL INTESTINO DELGADO
 (Tomado de Uaquero, C.J., 1982)

Lámina propia.

Está formada por tejido conectivo laxo, entre el que se localizan vasos sanguíneos, ganglios linfáticos y fibras nerviosas, hay bandas de músculo liso y tejido conjuntivo.

En el centro de la lámina propia de cada vellosidad se encuentra un capilar linfático que termina en forma ciega cerca de la extremidad de la misma y se denomina vaso quilífero central, este constituye el origen de los vasos linfáticos que forman un plexo en la base de la vellosidad.(2,7)

Submucosa.

Esta formada por tejido conjuntivo laxo de fibras colágenas y elásticas unidas entre sí, aquí en esta capa se encuentran unas glándulas mucosas tubulo alveolares llamadas glándulas de Brunner que son de tipo mucoso.(7,14)

Muscular.

Se encuentra formada por dos capas de músculo liso en forma circular y longitudinal.

Serosa

Es una capa de tipo conjuntivo laxo cubierta por un estrato simple de células mesoteliales planas.(14,28)

Por otra parte analizando los elementos que integran el intestino delgado, es conveniente hacer mención de algunas diferencias entre las tres partes que componen el intestino; duodeno, yeyuno e íleon.

Duodeno.

Tienen varios pliegues en la capa mucosa, está cubierto por vellosidades. Las criptas de Lieberkuhn son muy aparentes y las glándulas intestinales son de tipo submucoso.

Yeyuno.

En el Yeyuno las glándulas intestinales submucosas sólo están en la parte inicial, las vellosidades son mas cortas y existe un mayor número de células caliciformes de Paneth.

Ileon.

En esta parte del intestino, la membrana es aplanada y se encuentran las placas de Peyer que son el desarrollo de nódulos linfoides. (1,3,54)

INTESTINO GUESO

La estructura histológica del intestino grueso es más sencilla que la del intestino delgado, esto es debido a lo siguiente; en la mucosa no hay vellosidades, las criptas son más profundas y generalmente tienen un número mayor de células caliciformes, las células epiteliales son de tipo cilíndrico y muestran estriaciones, por último los ganglios linfáticos son de mayor tamaño.

Las dos partes esenciales del intestino grueso como se explicó anteriormente son el ciego y el colon, en ellos se encuentran las mismas capas del intestino grueso, sin embargo en el ciego, hay ganglios linfáticos que se localizan al inicio, y en el colon la capa muscular es más gruesa y contienen fibras elásticas y músculo liso, que está distribuido en forma longitudinal. (2,47)

RECTO.

El recto presenta en su estructura criptas largas tapizadas por células caliciformes, la capa muscular externa es gruesa, no hay mesenterio y la capa serosa es incompleta.

La parte final es una membrana mucosa que tiene pliegues longitudinales. (14,28,54)

ANO

En el ano, se localiza epitelio plano estratificado no queratinizado. La lámina muscular de la mucosa forma pliegues longitudinales que terminan en la unión ano-rectal, para continuar con pliegues membranosos que dan origen a las válvulas anales en las que la mucosa está tapizada por epitelio cilíndrico simple.

La capa submucosa del conducto anal tiene un plexo rico en vasos sanguíneos, el músculo liso forma una capa circular gruesa que da origen al esfínter interno, el externo lo compone el músculo estriado. La parte distal del ano se continúa con la dermis que presenta epitelio estratificado queratinizado a este nivel hay folículos pilosos, glándulas sebáceas y sudoríparas. (26,28)

PANCREAS.

Al páncreas se le va a clasificar como una glándula roburada de tipo tubulo alveolar compuesta, tienen una porción exócrina y otra endócrina. (3,23)

Los alvéolos (acinos); son tubulares, tienen una lámina basal en la cual hay en promedio siete células piramidales alrededor del lúmen, entre los alvéolos hay tejido conectivo que contiene vasos sanguíneos linfáticos, nervios y conductos excretores.

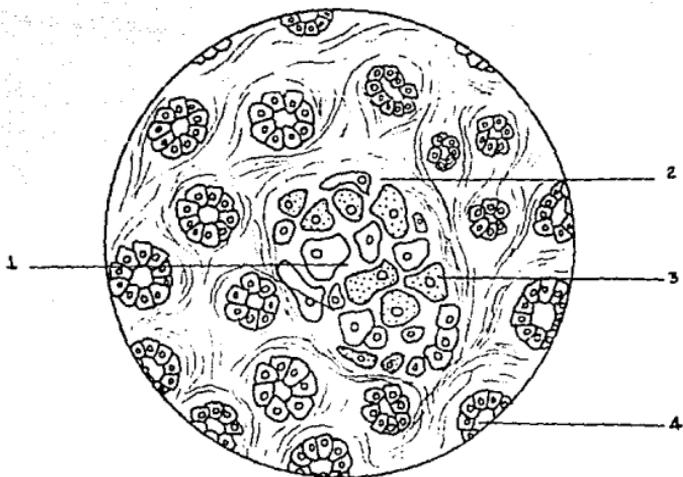
Las células glandulares pancreáticas, en la parte basal (cuenta con estrías radiales) son basófilas, con núcleos redondos, hay abundante cromatina, de dos a tres nucleólos, un Aparato de Golgi y por último se encuentran gránulos zimógenos limitados por una delgada membrana.

Los conductos son de tres tipos que según el orden de importancia es el siguiente:

- 1.- Los conductillos centrales o centroacinares
- 2.- Los conductillos intercalados
- 3.- Los conductos intralobulillares.

El paso de un conducto a otro se diferencia ya que hay un aumento en la altura del epitelio que va de plano a cilíndrico. Los conductos en general muestran las siguientes características, una lámina basal delgada, interdigitaciones de la membrana plasmática lateral con desmosomas, complejos de unión núcleos y microvellosidades apicales. Lo que se encuentra alrededor de los conductos es tejido fibroconectivo a diferencia de los conductos intralobulillares donde hay tejido conectivo fino con fibras reticulares. (2,5,14)

La parte endócrina del páncreas está representada por los Islotes Pancreáticos (de Langerhans), que se distribuyen en todo el órgano (fig. 22).



- 1) Sinusoides
- 2) Célula alfa
- 3) Célula beta
- 4) Acinis pancreáticos

FIGURA 22 **HISTOLOGIA DEL PANCREAS**
(ISLOTES PANCREATICOS)
(Tomado de García de la P., J., 1968)

Los islotes pancreáticos; son masas esféricas de células pálidas que se sostienen por tejido conjuntivo reticular y presentan abundante riego sanguíneo.

Los grandes sinusoides separan los cordones o paquetes de células, entre los que se distinguen las llamadas células alfa, células beta; además se han identificado las células C (claras) y las células delta.

-Células alfa: son células poligonales irregulares con un núcleo esférico central, mitocondrias en forma de bastón y muestran un Aparato de Golgi.

-Células beta: su estructura es parecida a las células alfa sin embargo las células beta están en mayor cantidad, presentan un gran número de gránulos estos tienen un centro cristalino en forma de rombo o poligonal, las mitocondrias son pequeñas, de forma esférica y son muy numerosas.

-Células C: no presentan gránulos.

-Células delta: tienen granulos de gran tamaño, son células muy escasas y se localizan en la parte media de los islotes pancreáticos. (14,23,26)

HIGADO.

El hígado presenta algunas características estructurales básicas; está cubierto por una cápsula de tejido conectivo llamada cápsula de Glisson, a partir de esta cápsula se extienden ramos de tejido conectivo que le dan sostén al órgano independientemente de que también hay ramas de la vena porta, arteria hepática y conducto biliar que penetra junto con las ramas de tejido conectivo. (1,9,28,33)

Las partes que integran al hígado son; los lobulillos hepáticos, los hepatocitos, los sinusoides hepáticos y el sistema biliar, siguiendo este orden se hará la descripción.

-Lobulillos hepáticos.

Son pequeñas divisiones del hígado, donde se localiza el tejido conectivo que la separa una de otra, formando hexágonos o masas prismáticas poligonales, cada lobulillo cuenta con espacios porta que presentan en su interior una arteria, una vena que

proviene de la arteria hepática y ramas de la vena porta respectivamente, además hay vasos linfáticos.(fig. 23).(5,33)

-Hepatocito.

Son células parenquimatosas poliédricas que están dispuestas en una serie de láminas que se ramifican y se unen para dar origen a una especie de laberinto, dichas láminas van de la periferia a la vena central en forma radiada (fig.24).

Cada hepatocito está integrado de las siguientes partes; un núcleo vesicular con su nucleolo, retículo endoplásmico rugoso, retículo endoplásmico liso, ribosomas libres, glucógeno, lisosomas, Aparato de Golgi Yuxtannuclear y un gran número de mitocondrias.

Por último, la membrana presenta numerosas microvellosidades y la unión de un hepatocito con otro se hace por medio de desmosomas y espacios de unión.(22)

Sinusoides hepáticos.

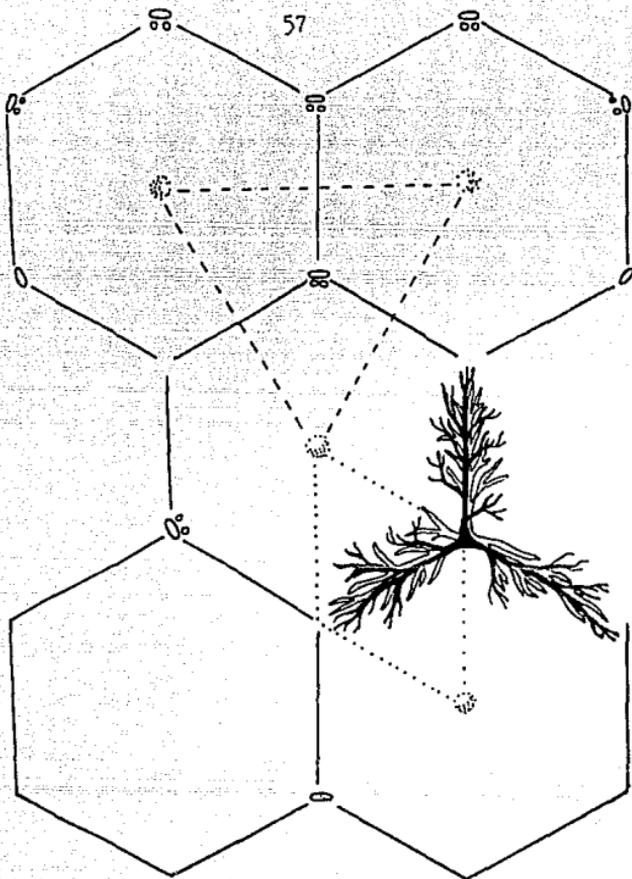
Los sinusoides hepáticos; son el sistema intralobulillar de los capilares sanguíneos, llevan la sangre la vena porta y la arteria hepática a la vena central. Los sinusoides se unen irregularmente y se separan las placas hepáticas.

Las células que cubren a los sinusoides son de dos tipos; células endoteliales con núcleo obscuro y citoplasma escaso y llamadas células de Kupffer que se localizan en la parte superior de las células endoteliales.(26,33)

Sistema biliar.

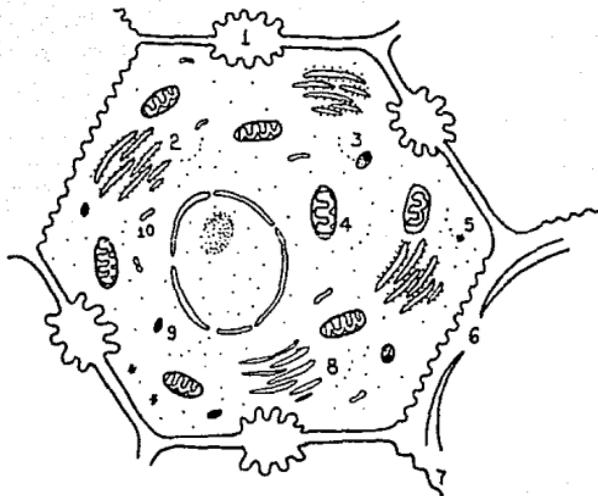
El sistema biliar está constituido por canalículos biliares, conductos intrahepáticos y extrahepáticos (fig. 25)

Los canalículos biliares, son la parte más pequeña que integra el sistema biliar, se presentan como espacios tubulares, están limitados por la membrana de los hepatocitos adyacentes, dichos canalículos se distribuyen desde el centro del lobulillo a la periferia donde fluyen en lo que se le denomina conducto de Hering, el que cuenta con células cúbicas de citoplasma claro y escaso en organelos. (33)



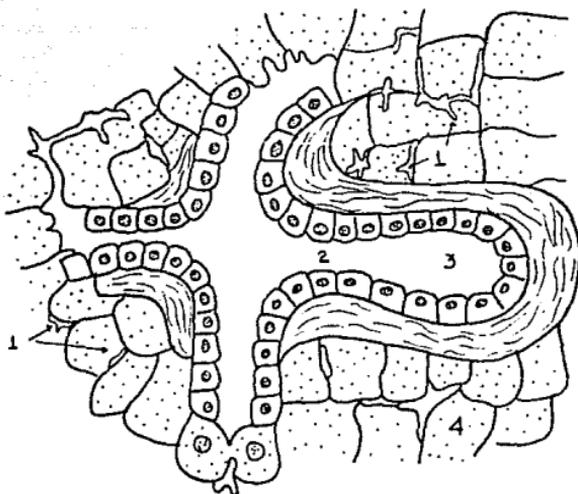
- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| 1) Vena central | 4) Lobulillo hepático |
| 2) Arteria y vena hepática | ----- lobulillo porta |
| 3) Área porta | acino hepático |

FIGURA 23 LOBULILLO HEPATICO
 (Tomado del Lesson, T. S. y Lesson, R.C., 1985)



- 1) Canalículo biliar
- 2) Retículo endoplásmico rugoso
- 3) Lisosomas
- 4) Mitochondria
- 5) Glucógeno
- 6) Espacio de Disse
- 7) Microvellosidades
- 8) Aparato de Golgi
- 9) Lípidos
- 10) Retículo endoplásmico liso

FIGURA 24 **CELULA HEPATICA**
 (Tomado de Banks, J. W., 1986)



- 1) Canaliculos biliares
- 2) Conducto de Hering
- 3) Conducto biliar
- 4) Célula hepática

FIGURA 25 **CANALICULOS BILIARES**
(Tomado de Junqueira, L.C. y Carneiro, J., 1974)

Por último este conducto termina en los conductos biliares de los espacios porta los cuales están cubiertos por células cúbicas y envueltos por tejido conjuntivo, además estos conductos se alargan y anastomosan, dando origen a la triada portal.

Los conductos intrahepáticos.

Son el resultado de la unión de los conductos biliares interlobulillares; a los conductos intrahepáticos se unen y dan origen al conducto hepático, después de adherirse este al conducto cístico cambia a conducto biliar común (colédoco) .

Todas estas estructuras extrahepáticas constan de una lámina propia de tejido conjuntivo que posee fibras musculares lisas y elásticas aunado a un epitelio cilíndrico que forma varios pliegues y cuenta con una gran cantidad de células caliciformes.

En el conducto cístico existen como diferencia las fibras de músculo liso, que están dispuestas en forma transversal, longitudinal y diagonal van siendo más escasas conforme se acercan al conducto hepático y al colédoco, pero como aclaración en la unión del colédoco con el duodeno se forma un esfínter de músculo liso.(5,33,54)

Por otra parte, es necesario mencionar algunos detalles de la vesícula biliar, que es considerada como un saco u órgano hueco compuesto por las siguientes capas; mucosa, muscular y serosa.

La mucosa forma varios pliegues e invaginaciones, en el epitelio hay células cilíndricas altas con núcleos ovalados, y en la lámina propia el tejido conectivo está irrigado por una gran cantidad de plexos vasculares.

La capa muscular está integrada por haces de fibras de músculo liso distribuidas en forma longitudinal y en su mayoría en forma circular. Estos haces están cubiertos por tejido conjuntivo y por abundantes fibras elásticas, para finalizar sobre esta capa muscular, hay una delgada capa de tejido fibroso (capa perivascular) .

La capa serosa (adventicia), que es tejido conectivo con vasos sanguíneos, linfáticos y nervios cubre a todo el órgano.(1,54)

61
CAPITULO IV

DESCRIPCION FISIOLOGICA DEL APARATO DIGESTIVO DE LOS RUMIANTES
DOMESTICOS

PREHENSION

El término prehensión se refiere a la forma de tomar y llevar los alimentos a la boca con ayuda de los dientes, lengua y labios. En los bovinos, el principal órgano de prehensión es la lengua, la cual es muy móvil, larga y áspera, con ella puede rodear las hierbas o pastos y las lleva a la entrada de la boca, donde se sujetan con los incisivos y el cojinete dental para posteriormente ser arrancados con un movimiento brusco de cabeza. por otra parte, los labios son poco móviles pero ayudan en la prehensión de hierba tierna y las harinas.(11,15,49)

Las ovejas y la cabra a diferencia de los bovinos realizan dicha prehensión con los labios y la lengua ya que en el caso de las ovejas el labio superior esta dividido lo cual lo hace ser más móvil, en ambas especies la lengua sale menos de la cavidad oral, esto le permite pastar más al ras del suelo, además esta característica le facilita el realizar una mayor selección de los alimentos; las papilas filiformes de la lengua se proyectan caudalmente y le permiten hacer la prehensión de partículas pequeñas como granos de harina.

Para beber líquidos, los rumiantes lo hacen por succión, la boca esta casi cerrada y la sumergen casi superficialmente sobre el líquido, la lengua tienen la función de una bomba y crea una presión negativa con ayuda de las mejillas el paladar duro.(11,12,15,40)

MASTICACION

Es el proceso mediante el cual se reduce mecánicamente el alimento en partículas más pequeñas.

La masticación va a depender en gran medida al tipo de alimento que el animal consume, ya que no es lo mismo el consumo de forrajes frescos, heno, concentrados o pajas, o bien el apetito o gustosidad que tenga el animal.(11,13,30)

En los rumiantes, dicho proceso se divide en dos fases; la fase masticatoria inicial o masticación del alimento que esta consumiendo y la fase masticatoria de la rumia.

El proceso de masticación se lleva a cabo mediante movimientos laterales esto es debido a que los rumiantes presentan el maxilar más ancho que la mandíbula, por lo que la masticación sólo se puede efectuar de un lado (por estos movimientos los molares desarrollan una superficie de molienda en forma bicelada). (11,15,32)

El Sistema Nervioso Central, contribuye en la masticación estimulando a todos los músculos masticatorios. Durante el proceso de masticación se lleva a cabo otro proceso llamado insalivación.

Con respecto a la intensidad de los movimientos masticatorios en los rumiantes, hay una masticación rápida que sigue a la prehensión y otra que tiene lugar cuando se produce la regurgitación.

En la primera fase los movimientos masticatorios son menos intensos que en la segunda fase y con frecuencia los desplazamientos laterales de la mandíbula son poco perceptibles.

Los movimientos masticatorios de la rumia se suceden a un ritmo muy regular y ambos lados mandibulares se utilizan por igual; debido a que la rumia se realiza sin cerrar los labios, el animal mantiene la cabeza horizontal (para evitar la salida del alimento).

El tiempo que se requiere para la masticación de un alimento depende de la intensidad de los movimientos masticatorios y la constitución del alimento (cuadro 2), por ejemplo se sabe que las vacas realizan aproximadamente 94 movimientos de mandíbula por minuto si comen grano y ensilado, 78 cuando comen heno, 26,000 movimientos durante la rumia y un total de 42,000 movimientos mandibulares por día. (11,40)

CUADRO 2 MASTICACIONES DE LOS DIFERENTES ALIMENTOS
(OVINOS)

CANTIDAD (g)	ALFALFA 1550	AUENA 797	HIERBA 6840
Tiempo promedio empleado diariamente en comer (hrs)	6.25	1.75	4
Núm. de masticaciones por minuto	116	86	141
Núm. de masticaciones durante la rumia	72	89	55

(Según Popesco y Florescu, 1959)

La masticación depende esencialmente de la estimulación sensorial del Nervio aferente (Trigemino). Los estímulos aferentes viajan por la raíz motora de este nervio a los músculos elevadores de la mandíbula y milohioideos, a lo largo del nervio facial para el músculo digástrico y los músculos de los labios y carrillos, y a lo largo del nervio hipogloso para los músculos de la lengua. (15,40)

INSALIVACION

La insalivación se refiere a las modificaciones que sufren los alimentos mediante la acción de la secreción de las glándulas salivales, durante la masticación para poder formar el bolo que será deglutido.

Las glándulas salivales en general se pueden dividir en tres tipos; seroso, que da lugar a una secreción fina y acuosa que contiene proteínas, las de tipo mucoso producen una secreción que contiene el glicoproteido llamado mucina y por último las mixtas, mezcla de las dos anteriores.

Tipo seroso: glándulas parótida y molares.

Tipo mucoso: glándulas palatina, faríngea y bucal.

Tipo mixto: glándulas submaxilar, sublingual y labial.

Ahora bien, la mezcla de estas secreciones dan lugar a la formación de la saliva en la cual hay altas concentraciones de iones fosfato, Sodio, Cloro y Potasio, sin embargo dicha composición va a depender de varios factores como son pH, humedad, Potasio y Sodio contenidos en el alimento que este consumiendo y por último el grado de hidratación del animal (cuadros 3 y 4).(11,15,19,27)

CUADRO 3 COMPOSICION DE LA SALIVA

ESPECIE	VOLUMEN L/día	CONCENTRACION (mEq/ml)						
		pH	Na	K	CL	HCH	HPO ₄	N
Bovino	90-190	8.2	185	5	12	95	75	14
Caprino	10	8.1	181	5	12	-	-	46
		8.3						
Ovino	10	8.1	177	8	17	104	52	20

CUADRO 4 COMPOSICION DE SALIVA MIXTA Y SEROSA
(RUMIANTES)

	MIXTA %	SEROSA %
Materia seca	1.0 - 1.4	1.1 - 1.4
pH	8.4 - 8.7	7.7 - 8.2
Contenido de NHP	.1 - .2	.1 - .2
Cenizas	.7 - .9	.8 - 1.1

(Tomado de Church, D.C., 1975)

La cantidad real de saliva, es difícil establecerla ya que es necesario tomar en cuenta los factores antes mencionados (cuadro 5). Aún así, se estima que la oveja produce de 6 a 16 litros por día, la mayor cantidad procede de la secreción de las glándulas parótidas que va de 3 a 8 litros, las glándulas submaxilares contribuyen con 370 a 750 ml y las sublinguales sólo aportan 200 ml.

En los bovinos puede variar de 74 a 190 litros por día.

CUADRO 5 PRODUCCION SALIVAL DE ACUERDO AL TIPO DE ALIMENTO

TIPO DE ALIMENTO	ALIMENTO CONSUMIDO Gramos alimento/min.	PRODUCCION ml/min.	SALIVAL ml/g alimento
Ración peletizada	357	243	0.68
Forraje fresco	283	266	0.94
Ensilado	248	280	1.13
Forraje seco	83	270	3.25
Heno	70	254	2.63

(Tomado de Fuentes O.U., 1986)

Funciones de la Saliva

La saliva de los rumiantes ejerce distintas funciones comprobadas experimentalmente, las cuales son:

-Colabora con la masticación y deglución de los alimentos, debido a su elevado contenido de agua, humedece el alimento recién ingerido facilitando la masticación y la formación del bolo que es cubierto por mucina para una mejor deglución.(11,27,)

Durante la masticación se produce al mismo tiempo que el humedecimiento o imbibición de los alimentos una extracción de ciertos principios solubles y rápidos. Estas sustancias actúan como estimulantes de la secreción salival y gástrica. En los rumiantes también permite el regreso de los alimentos del rumen a la boca.(11,15)

-Poder tampón; la gran cantidad de sales de Sodio y Potasio presentes en la saliva, pueden neutralizar fácilmente los ácidos grasos volátiles que se producen durante la degradación de los hidratos de carbono del rumen. Mediante la neutralización y reabsorción de los ácidos grasos volátiles queda garantizado una continua neoformación de estos, el pH del contenido del rumen permanecerá constante dentro de los límites, permitiendo así la existencia de una determinada flora microbiana.(11,15,27,49)

-Propiedades antiespumantes, la saliva muestra la propiedad de disminuir la tensión superficial de las burbujas y tiene efecto diluyente en el contenido del rumen, con lo que impide las fermentaciones espumosas.(15)

-Protección, la saliva mantiene húmeda y lubricada a la cavidad bucal, la cual se limpia con la saliva diluyendo sustancias dañinas que se hayan podido ingerir, además se ha sugerido que la saliva posee propiedades bacteriolíticas, debido a que en ella se encuentra la sustancia llamada lizosima capaz de disolver las paredes bacterianas.(11,15)

-Termorregulación, las glándulas salivales suministran agua que se evapora rápidamente de la mucosa bucal y ayudan a la termorregulación. En una atmósfera caliente y seca la secreción refleja de una saliva fluida y acuosa permite una pérdida de calor al evaporarse rápidamente de la mucosa oral.

- Actividad enzimática, esta sólo se da en los rumiantes jóvenes debido a que producen una enzima perteneciente al grupo de las esterases de los preestómagos denominada lipasa salival la cual actúa sobre los triglicéridos que contienen el grupo butírico, liberando ácido butírico.

- Nutrientes para los microorganismos del rumen, en la saliva se encuentran concentraciones relativamente altas de urea, mucina, Fósforo, Magnesio y Cloro que aportan factores nutritivos fácilmente utilizables por los microorganismos, así mismo los fosfatos ejercen un efecto estimulante sobre la microflora. (11,15,19,27)

Regulación de la secreción salival.

En los rumiantes, independientemente de la prehensión del alimento y la rumia, se presenta secreción continua de saliva, todas las glándulas vierten constantemente al estómago dicho flujo esta integrado por una fracción constante no sometida a las influencias del Sistema Nervioso y otra parte es por reflejos provenientes de la cavidad bucal, retículo, rumen, o esófago. Durante la prehensión y masticación existe un aumento de secreción salival como respuesta de una estimulación de los receptores localizados en la boca.

Las glándulas salivales reciben una inervación eferente simpática y parasimpática, de donde derivan los nervios. Las fibras simpáticas salen de la médula espinal como fibras preganglionares pasan a la cadena simpática cervical y al ganglio cervical anterior y termina en las células nerviosas que van a las glándulas salivales. Las fibras parasimpáticas abandonan el tronco cerebral por el nervio glossofaríngeo, pasan a través del plexo simpático al nervio trigémino y de aquí, por el aurículo-temporal a la glándula. El caso anterior de las fibras parasimpáticas es el de la glándula parotídea, sin embargo para las glándulas submaxilares y sublinguales difiere en lo siguiente; las fibras preganglionares salen del tronco cerebral por el Nervio facial, van por la cuerda del tímpano para reunirse con el nervio lingual que es una rama del trigémino, para entrar a la glándula. (30)

Los nervios trigémino y glossofaríngeo son los encargados de conducir los impulsos del gusto y de toda la sensibilidad de la boca.

Un papel importante de la saliva dentro de la fisiología, es que se va a producir, también por reflejos condicionados o psíquicos del oído o la vista.(6,15)

Las drogas que van a afectar el mecanismo secretor salival; son la atropina que bloquea el efecto parasimpático y la pilocarpina, arecolina y acetilcolina que estimulan el mecanismo terminal parasimpático.(15,19,21)

DEGLUCION

Es el proceso mediante el cual los alimentos son llevados de la boca al estómago (rumen).

La deglución se divide en tres etapas:

1. Etapa voluntaria
2. Etapa faríngea o involuntaria.
3. Etapa esofágica involuntaria.(15,20,31)

1. Etapa Voluntaria: Esta inicia cuando el alimento se comprime con la lengua contra el paladar duro, de esta manera el alimento pasa a la faringe y de aquí el proceso se hace involuntario.

2. Etapa Faríngea: Cuando el alimento llega a la faringe se estimulan receptores amigdalinos que estimulan el reflejo de deglución a nivel de la corteza cerebral y se produce de la siguiente manera:

a) Se eleva el paladar blando para ocluir las coanas para evitar el paso del alimento a la cavidad nasal.

b) Los pliegues palatofaríngeos se aproximan a la línea media y forman un canal por donde pasan los alimentos a la faringe posterior; en animales no rumiantes esta canaladura longitudinal permite el paso de alimentos bien masticados y de un tamaño adecuado.

c) Las cuerdas vocales se aproximan y la epiglotis obstruye el paso del alimento hacia la laringe.

d) La laringe se eleva por los músculos que se insertan en el hueso hioides, de tal manera que se abre una comunicación entre el esófago y la faringe exponiendo el esfínter faríngeo-esofágico se relaja permitiendo el paso del alimento al esófago, este esfínter permanece contraído durante las etapas de no deglución. La glotis

permite el paso del alimento por ambos lados pero no por su cara superior de tal manera que evita el paso del alimento a la tráquea.

e) Al mismo tiempo que ocurre lo antes mencionado se produce una onda peristáltica rápida que hace que el alimento fluya por esófago al estómago. (20,30)

Control Nervioso de la Etapa Faringea de la Deglución

Este se encuentra regulado por el Centro de la deglución situado en el bulbo, la porción sensitiva esta a cargo del trigémino y el glossofaríngeo y la parte motora viaja por el V, IX, XI y XII por craneal y los primeros nervios raquídeos.

El centro de la deglución inhibe al centro respiratorio bulbar. (11,15,32)

Etapa Esofágica

El esófago presenta dos tipos de movimientos peristálticos, primarios y secundarios. Los primarios son la continuación de la onda que se genera en la etapa faríngea y los secundarios tienen como función el vaciado completo del esófago hacia el estómago. El control de estas ondas peristálticas son controladas por el X par (vago) en sus dos porciones sensitivas y motora, la porción de musculatura estriada del esófago está controlada por fibras espinales.

Las ondas peristálticas esofágicas inhiben el movimiento del estómago e incluso del duodeno y a su vez hace que el esfínter gastroesofágico se abra y así permita el flujo de alimento del esófago al estómago. (11,15,19,21)

ESTOMAGO

En todos los animales herbívoros, se localiza en el tubo digestivo una parte más amplia, que sirve de compartimiento a los alimentos durante cierto periodo, ahí van a sufrir cambios fisicoquímicos y bioquímicos que van a determinar la digestión ruminal, siendo este el producto de la velocidad de la digestión

ruminal de la materia orgánica y del tiempo de retención ruminal de la ingesta, a través del tracto gastro intestinal. (15)

Procesos Fisiológicos en rumen y retículo

Se describirá en primer lugar los eventos fisiológicos que se desarrollan tanto en retículo como en el rumen. Estos dos órganos trabajan en forma conjunta, ya que sirven como recipiente de la ingesta después de que esta ha sido deglutida y como resultado de este proceso se da una propulsión para dar tiempo a que haya una actividad plena.

El alimento deglutido llega a la región del pliegue rumino-reticular ahí, el movimiento de la ingesta se hace de manera circular y se debe a los movimientos alternos primero del retículo y posteriormente se contrae el rumen. De esta forma el alimento al llegar al rumen sufre movimientos peristálticos de los diferentes sacos ruminales en forma alternada de contracción y dilatación. Cada contracción permite que se vaya ablandando la ingesta poco a poco.

La parte de la ingesta que posee una consistencia blanda y acuosa se acumula en la parte ventral del rumen, debajo de la parte más fibrosa y seca del alimento. Es entonces cuando la actividad motor ruminal permite que la fase acuosa se desplace hacia la porción superior para dar lugar a el arrastre de nutrientes solubles de los alimentos facilitando su absorción; además de proporcionar en los estratos de alimentos superiores, un grado adecuado de humedad para asegurar la actividad normal de los microorganismos de la flora ruminal. (11,15)

Retículo

Movimientos Retículo-ruminales

Los movimientos de retículo y del rumen ayudan a mezclar el alimento ingerido (fig. 26), con el que ya se encuentra en esos compartimientos, también los movimientos del retículo inician la rumia y la eructación del gas, así como dichos movimientos permiten el paso del alimento hacia compartimientos posteriores. La actividad motora del retículo y rumen se puede dividir en dos partes: (11)

1. Contracciones primarias por ciclo de mezclado
2. Contracciones secundarias o de eructación.

1. Contracciones primarias

Sucedan cuando la actividad de estos dos compartimientos se reinicia después de un período de descanso, generalmente se inician con movimientos del retículo, las contracciones son como a continuación se describen:

- Una contracción inicial brusca del retículo y del pliegue rumino reticular.

- Una segunda contracción y la más fuerte del retículo, después de la cual la onda de contracción pasa parcialmente sobre el rumen produciendo un levantamiento del saco craneal debido a la contracción de los pilares craneales, la contracción de los pilares caudal y dorsal coronario así como la compresión parcial del saco dorsal del rumen resultado de una contracción de los pilares longitudinales.

- La onda de contracción se continua por el saco ciego caudal dorsal del rumen, el pilar central coronario, el saco ventral y el saco ciego caudal ventral, con cierto desplazamiento ventral del pilar craneal. Debe hacerse notar que estos eventos producen una onda de contracción gradual seguida por una onda de relajación. De hecho algunos sacos se pueden estar dilatando mientras que otras se están contrayendo. (11,15,16,27)

2. Contracciones Secundarias

Son aquellas que ocurren en el rumen abarcando solamente parte del órgano. Las contracciones generalmente abarcan al pilar dorsal coronario, la contracción del saco ciego caudal dorsal y el saco ciego caudal ventral, los pilares longitudinal y craneal es probable que se hallen activados. Este ciclo secundario dura 30 segundos igual que el primero, no obstante el segundo es asociado con el eructo aunque no siempre se da. La onda de contracción pasa en forma circular al saco ciego ventral que es donde se inicia el eructo, ocurre al final de la contracción del saco dorsal. (19,27)

Control de la motilidad Rumino Reticular

La amplitud y frecuencia de las contracciones primarias se regulan centralmente, pero también son importantes las influencias periféricas, ya que existen plexos periféricos que estimulan la motilidad al ser activados por la distensión ruminal y también pueden ser inhibidos con una alta concentración de ácidos grasos volátiles no disociados. En estas contracciones juega un papel importante la estimulación vagal y los plexos mesentéricos.

El control de las contracciones secundarias se relaciona con las ramas ventral y dorsal del vago, estas se conectan con cuerpos celulares en la mucosa y de aquí salen fibras aferentes para la eructación y regurgitación que se conecta con la médula.

Regulación nerviosa

Está a cargo del tronco dorsal del vago y el sitio de control de este se encuentra en el área subcortical anterior a la hipófisis aunque también tienen importancia los receptores nerviosos que se encuentran en estos órganos. (27)

Ómaseo

Procesos fisiológicos

En cuanto a la actividad del ómaseo, se deben distinguir lo que es el canal y el cuerpo del ómaseo. El canal del ómaseo se contrae al ritmo de las contracciones del rumen y el retículo, existiendo también variaciones de frecuencia. La primera contracción tiene lugar, de acuerdo con la contracción del saco dorsal del rumen o del pilar craneal de este. El aumento de presión en el canal del ómaseo solo se produce una vez terminada la contracción del retículo. Si se produce antes de la inmediata contracción del retículo una segunda contracción del rumen, se contrae también el canal del ómaseo una segunda vez.

Las contracciones del cuerpo del ómaseo se caracterizan por un aumento de la presión y un rápido descenso muy marcado de esta en el momento de la contracción de retículo. Además discurren isométricamente, es decir que no provocan ninguna disminución notable del órgano, sino sólo un aumento del tono de la pared y una

elevación de la presión en el órgano. Comienza en la porción lateral reticular del cuerpo del omaso y progresan a partir de ahí hasta el abomaso, hasta que finalmente se contrae todo el cuerpo del omaso.(19,27)

La contracción de las láminas del omaso solo pueden producir como máximo un aumento de la tensión de las mismas debido a su escasa musculatura propia, carece de importancia para el activo tránsito del contenido a través del omaso.

Función de las Hojas: Retrasa el paso de la ingesta al abomaso, como consecuencia de la motilidad del omaso se produce una diferenciación del contenido entre líquidos y sólidos.(19)

Abomaso

Las contracciones abomasaes son similares al estómago simple, es decir se presentan contracciones peristálticas, antiperistálticas y segmentadoras, también llamadas de mezclado.

Se menciona que la porción fúndica es inmóvil pero el cuerpo muestra numerosas ondas peristálticas al igual que el píloro donde se pueden observar ondas simultáneas.(19,22)

El ciclo peristáltico empieza en el cuerpo del abomaso y empuja la ingesta hacia el antro pilórico, una vez lleno este la onda inicia cerca del píloro. Las contracciones sincronizadas del antro y el esfínter actúan como una bomba.

La regulación de la actividad de la bomba pilórica esta dada por varios factores; gástricos y duodenales.(19)

Factores gástricos

1. El grado de distensión del abomaso por el alimento.
2. La presencia de la hormona gastrina, liberada por el antro pilórico en respuesta a la distensión y a la presencia de cierto tipo de alimentos en el órgano. Las dos señales tienen acción positiva, ya que aumentan la fuerza de la bomba del píloro y por lo tanto estimula el vaciamiento del abomaso.(12)

Factores duodenales

1. Reflejo enterogástrico que va del duodeno al tallo cerebral por medio del vago y regresa al estómago también por el vago.

2. Los efectos de la enterogastrona y secretina que inhiben la motilidad gástrica o la disminuyen en presencia de ácidos gástricos.

El abomaso, es el lugar donde se producen los primeros cambios químicos del alimento, aquí se encuentran una serie de glándulas conexas productoras de jugo gástrico, además se va a producir el factor intrínseco o antianémico específico para la absorción de la vitamina B12.

Este órgano presenta dos actividades una mecánica y otra de tipo química las cuales se describirán a continuación:

Actividad mecánica: Se realiza gracias al músculo liso que forma tres capas que son longitudinales, circulares y elípticas, las cuales producen movimientos de tipos peristálticos y antiperistálticos. (19,22)

Actividad química:

Como se mencionó en el capítulo III, en la mucosa de la capa interna del abomaso se localizan tres zonas glandulares que tienen las siguientes funciones:

1. Glándulas gástricas: van a producir mucina, la cual va a recubrir la mucosa abomasal.

2. Glándulas cardiales: Segrega moco de tipo alcalino, el cual constituye un recubrimiento protector sobre las células epiteliales y forma una barrera contra los efectos de los ácidos estomacales.

3. Glándulas fúndicas: Contiene células especializadas como son:

- Células mucosas del cuello; tienen la misma función que las glándulas gástricas y cardiales.

- Células principales: Segrega pepsina en forma inactiva de propepsina o de pepsinógeno, en el medio ácido del estómago glandular, se transforma en fermento activo al mismo tiempo la pepsina tiene efecto autocatalítico sobre el pepsinógeno para que

siga secretándose. Por otro lado también se produce lipasa gástrica que actúa sobre los lípidos y grasas transformados en ácidos grasos y glicerina.

- Células argentafines: vierten su secreción abiertamente a los capilares que están bajo la lámina basal, dichas células producen serotonina, que estimulan la contracción o vasoconstricción de la musculatura lisa de los vasos sanguíneos.

- Células parietales: producen el ácido clorhídrico. (1,14)

Función del ácido clorhídrico.

-Proporciona el pH óptimo para la actividad de la pepsina y lipasa gástrica.

-transforma el pepsinógeno en pepsina.

- Se une a las proteínas para formar albuminas que son fácilmente atacadas por la pepsina.

- Se combina con los protidos de los alimentos, forma los ácidos albuminas, que constituyen un sustrato fácilmente atacable por la pepsina.

- Ataca la cubierta de celulosa de los granos.

-Favorece la absorción del hierro férrico transformándolo en hierro ferroso.

-Tiene poder bactericida.

-Hidroliza pequeñas cantidades de maltosa y sacarosa desdoblándose estos azúcares en glucidos sencillos.

- Estimula la motilidad y secreción a nivel intestinal.(40)

-REGULACION DE LA SECRECION GASTRICA

La secreción gástrica obedece a una regulación nerviosa y humoral, sus relaciones se van a entender si se divide la respuesta global en tres fases:

1. Fase céfalica o refleja.
2. Fase gástrica.
3. Fase intestinal.

1. Fase céfalica o refleja: se presenta por reflejos psíquicos o condicionados, por ejemplo; el olor o el sabor del alimento aumenta la secreción gástrica. Los estímulos aferentes

originados en los receptores sensoriales especiales de la región cefálica se transmiten por vía eferente del vago a la mucosa gástrica.

2. Fase gástrica: se da por la presencia de un alimento dentro del estómago, lo cual propicia una secreción. Esto debido a la liberación por la mucosa de la hormona gastrina, la cual pasa a la sangre y cuando llega a las glándulas pilóricas del estómago, aumenta su secreción. La distensión del estómago, va a producir secreción del jugo gástrico, este reflejo se produce por el nervio vago. (29)

3. Fase intestinal: Es de tipo humoral, por lo tanto los productos de la degradación proteínica que pasan del estómago al duodeno estimulan a la gastrina la cual aumenta la secreción de ácido clorhídrico. También es importante destacar que la grasa al estar en contacto con la mucosa duodenal libera la hormona enterogastrona, que sera la responsable de la disminución de la motilidad del estómago. (cuadro 6) (40,55)

CANALADURA ESOFAGICA O GOTERA ESOFAGICA

Esta estructura se extiende desde cardias hasta el orificio retículo omasal, representa una continuación del esófago formada por un repliegue de la mucosa para conducir el alimento (leche), desde el esófago al omaso, de esta manera se evita que la leche caiga en los primeros compartimentos gástricos.

La canaladura se contrae con dos movimientos distintos; primero por un acortamiento, los labios derechos e izquierdo se vuelven firmemente opuestos, permitiendo el paso al abomaso del 30 al 40% del volumen del líquido. Como segundo movimiento, el cierre de la canaladura se puede completar si los labios son invertidos principalmente el labio derecho. En este caso, del 75 al 90% del líquido ingerido es recuperado en el abomaso. (11)

Aparentemente la estimulación neural de la acción de beber no es adecuada para estimular el cierre completo de la canaladura cuando se beben grandes cantidades de líquido y parte del alimento se puede desviar al rumen y al retículo.

CUADRO 6 HORMONAS GASTROINTESTINALES

HORMONA	ORIGEN	FUNCION
Gastrina	Antropiorico del estomaco, abomaso.	Estimulación de acido, secreción por glándulas gástricas.
Popteptido Inhibitorio gástrico (GIP)	Antro gástrico duodeno, yeyuno	Inhibición de la secreción gástrica y motilidad.
Secretina	Mucosa duodenal	Estimulación del volumen y producción de secreción pancreática, y biliar en algunas especies.
Celectocina (CCK)	Mucosa duodenal	Contracción de la vesícula biliar y pan--créas; síntesis y estimulación de las enzimas pancreáticas, inhibe la secreción de acido gástrico; aumenta la liberación de insulina e -- induce la saciedad.
Somatostatina	Antro abomasal y duodeno, células nerviosas en tracto gastroin--testinal.	Inhibe la liberación de gastrina, secretina, y CCK; inhibe en intestino el transporte de iones.
Enterogastrona	Duodeno	Inhibe secreción y motilidad gástrica.

Tomado de Church, D.C., 1982.

Se menciona que el consumo de leche es suficiente estímulo para el cierre de la canaladura, no obstante también se pueden usar las sales de cobre y de sodio en ovinos y en bovinos las primeras, también la glucosa es un estimulante efectiva para que se de el cierre.

La distensión o estrechamiento del retículo inhibe el reflejo del cierre de la canaladura esofágica, por último se ha observado que el reflejo disminuye con la edad, aunque animales que se alimentan con cañilla por periodos largos siguen conservando el reflejo.(15,19)

LA RUMIA

La rumia. es un acto reflejo que se lleva a cabo por la estimulación de los receptores en el rumen y el retículo, esos estímulos se producen por el tamaño de las partículas lo que produce que el alimento ingerido regrese a la boca para ser remasticado reinsalivado y así pueda ser redeglutido para poder pasar a compartimientos posteriores.(19,25,49)

Es por lo tanto conveniente. hacer referencia a cada una de las partes que integran esta función.

1. Regurgitación
2. Remasticación
3. Reinsalivación
4. Redeglución

1. Regurgitación es el regreso a la boca a través del esófago de cierta cantidad del contenido del rumen. Esta función se inicia con una contracción extrareticular que antecede a las contracciones reticulares usuales, esta contracción se acompaña de un esfuerzo inspiratorio que produce una contracción repentina del diafragma y una presión negativa en la caja torácica esto, produce un aumento de la presión en la actividad abdominal lo que se traduce, en un aumento de la presión sobre el cárdias impulsado así el paso de parte del contenido del rumen hacia el esófago donde se genera una onda antiperistáltica de una presión cercana a 80 mm Hg. y una velocidad de unos 107 a 112 centímetros por segundo en los bovinos y en los ovinos es de 42 a 54 centímetros por segundo.(19)

2. Reemasticación: el exceso de líquido es redeglutido, y los sólidos vuelven a masticarse de una manera mas cuidadosa que la

primera, y además mas rápida, por ejemplo se ha observado que las vacas realizan 94 movimientos masticatorios por minuto cuando consumen grano o ensilado y 74 cuando consumen heno y durante la rumia sólo presenta 55 movimientos.

3. Reinsalivación: el bala remasticado, se vuelve a reinsalivar no obstante, la secreción salival es diferente ya que aumentan las secreción de las glándulas parótidas y parietales y se reduce la secreción de las glándulas mucogénicas.

4. Redeglución. Se realiza al igual que la primera deglución, y va acompañada de una pequeña pausa respiratoria.

El tiempo utilizado para la rumia es variable y dividido en varios períodos, en promedio se habla de que en bovinos alimentados con forraje seco presentan aproximadamente 30 períodos de rumia por día y esos períodos pueden ser de unos cuantos minutos hasta una hora de tal manera que estos animales utilizan del 27 al 30% de un día para la rumia. Los bolas resultantes de este fenómeno se depositan en el area caudal y de ahí sufren una selección para su tránsito a compartimientos posteriores o su permanencia en los primeros compartimientos. (15,19,27,40,49)

MICROBIOLOGIA RUMINAL

La importancia de los rumiantes, radica esencialmente en la intensa actividad que se lleva a cabo en el estómago también llamado rumen por la presencia de los microorganismos que producen, ácidos grasos volátiles, dióxido de carbono, metano, amoníaco; estas células microbianas, además de que sintetizan proteínas, producen vitaminas del complejo B.

El rumen se considera como un sistema anaerobio estricto que cuenta con las siguientes características:

Densidad.....	1,022-1,055
Temperatura.....	39-40° C
pH.....	6-7.5
Poder reductor.....	8
Tensión superficial	50 dinas/cm.
Presión osmótica	46- 69° C (ovino)
	54- 59° C bovino)
Anaerobiosis.....	250-450 mv (dependiendo de la dieta)

También hay una mezcla de gas compuesta usualmente por 50 al 70% de dióxido de carbono y el resto es de metano, nitrógeno, hidrógeno y oxígeno. La porción de líquido ruminal libre de células suele contener cantidades de amoníaco y ácidos grasos volátiles, dióxido de carbono o bicarbonato.

No obstante, que todos los rumiantes cuentan con una mezcla muy compleja de microorganismos, esta va a depender del tipo de dieta y la edad del animal, por ejemplo: el becerro a los diez días de vida, pasa de una alimentación a base de leche a otra de concentrados y heno, la flora será de gérmenes del grupo *Coli* aerógenos y de *Streptococos*. Después de la semana de vida ya se encuentran gérmenes celulolíticos, y a las tres semanas de edad las bacterias ya empiezan a aprovechar el lactato. (11,27,49)

Los principales microorganismos, presentes en el rumen son de una gran variedad de géneros bacterianos de tipo anaerobio no esporulados y protozoos ciliados anaerobios, así como algunas levaduras. (11,36)

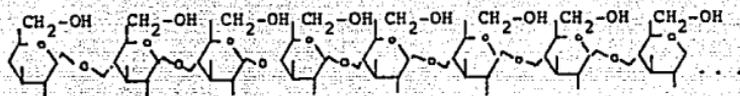
LAS BACTERIAS.

Las bacterias que se encuentran en el rumen son cocos o bacilos que miden de .4 a 1 micra de diámetro y de 1 a 3 micras de longitud. Pero puede haber otras formas como espiroquetas, rosetas u ovales. Para su crecimiento requieren una alta cantidad de CO_2 . El número de bacterias va a variar según la edad del animal y la dieta que este consumiendo, pero se estima que en promedio es de 10 por gramo de contenido ruminal, comprendiendo una gran variedad de especies. Para la clasificación de estas especies, se recurre a su morfología o bien por su función, esta última es la que utilizaremos. (19,36)

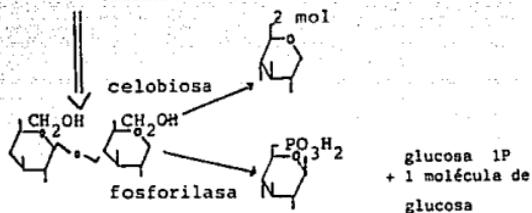
Bacterias celulolíticas.

Las bacterias que digieren la celulosa, son la *Ruminobacter parvum*, *Bacteroides succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens*, así como cocos incoloros y formadores de ácido butírico; todas estas tienen la capacidad bioquímica de producir enzimas celulolíticas que hidrolizan la celulosa (fig. 27)

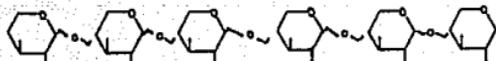
CELULOSA



CELULOSA



HEMICELULOSA

 β 1, 4 xilosidasa

Xilobiosa

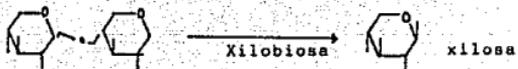


FIGURA 27 CELULOSA Y HEMICELULOSA

También pueden utilizar la celobiosa, disacárido que contiene glucosa unida por un puente beta. Las bacterias que realizan esta actividad se encuentran en altas concentraciones en el rumen de animales que consumen raciones fibrosas.(27,36)

Bacterias que aprovechan la hemicelulosa.

La hemicelulosa es diferente a la celulosa ya que contiene pentosas, hexosas, y ácido urónico. Esta es un constituyente importante dentro de las plantas; los microorganismos que hidrolizan la celulosa utilizan también la hemicelulosa.(19,27)

Bacterias que aprovechan el almidón.

Las bacterias más importantes que digieren el almidón son las mismas que las celulolíticas. Estos microorganismos se encuentran en animales cuya ración alimenticia sea rica en almidón.(27)

Bacterias que aprovechan la hemicelulosa.

La hemicelulosa es diferente a la celulosa ya que contiene pentosas, hexosas, y ácido urónico. Esta es un constituyente importante dentro de las plantas; los microorganismos que hidrolizan la celulosa utilizan también la hemicelulosa.(19,27)

Bacterias que aprovechan los azúcares.

Contando las bacterias anteriores, las especies Eubacterium, Lachnospira multiparus, Bacteroides succinogenes, Succinavibrio destrinosolvens, especies de Borrelia y Peptostreptococcus elsdenii, también son capaces de utilizar los polisacáridos, los disacáridos y monosacáridos. El material de las plantas jóvenes contiene una gran cantidad de carbohidratos solubles en agua y son utilizados por estas bacterias. Tal vez los azúcares que provienen de células bacterianas ya muertas y lisadas, también son utilizados.(19,27)

La celobiosa es una fuente de energía para los organismos no celulolíticos, poseen la enzima beta-glucosidasa.

Bacterias que aprovechan el lactato.

Los gérmenes más importantes del rumen capaces de utilizar el lactato son el *Peptostreptococcus elsdenii* y *vellonella alkalescens*, que se forman a partir del mismo acetato, propionato, butirato, valerato, bióxido de carbono e hidrógeno.(27)

Bacterias que producen ácidos.

Los *Lactobacillus* sp., *Ruminobacter parvum*, *Bacteroides succinogenes*, *Selenomonas ruminantium*, cocos incoloros, Cepa H, estarán presentes cuando el animal ingiere una dieta rica en heno y concentrados, estos *Lactobacillus* van a atacar diversos hidratos de carbono para dar ácido láctico y ácido acético.(19)

Bacterias que producen metano.

Una de estas bacterias es la *Methanobacterium ruminantium*, es difícil su cultivo in vitro, se sabe poco de estos microorganismos, el gas metano que se presenta en el rumen va de un 25 a 30 % del total de los gases, por ello se considera que hay un número elevado de estas bacterias.

Bacterias lipolíticas.

Las suspensiones mixtas de bacterias como la *Andersoniella lipolytica* y la *Peptostreptococcus elsdenii*, son capaces de usar el glicerol y obtenerlo por hidrólisis a partir de moléculas de grasa. Otros organismos hidrogenan ácidos grasos insaturados, también otros metabolizan ácidos grasos de cadena larga hasta convertirlos en acetonas.

Bacterias proteolíticas.

Las bacterias proteolíticas identificadas del género *Bacillus*, como la *B. licheniformis* y algunos *Clostridios* emplean aminoácidos como fuente primaria de energía.(19,27)

Bacterias que aprovechan amoníaco

La especie *B. ruminicola* utiliza el amoníaco de los péptidos como principal fuente nitrogenada, estos dos son altamente permeables, el amoníaco se encuentra en forma invariable en el líquido ruminal. Por otro lado la *Strep. bovis* contiene la enzima asparragina que produce a partir de amoníaco, aspartato y ATP. Las bacterias transforman el nitrógeno no proteico en nitrógeno proteico, básicamente la urea y amoníaco en proteína (N, proteico), que pueden ser utilizados por la célula para su estructuración (19)

Bacterias que sintetizan vitaminas.

Se sabe poco en relación a esta síntesis de vitaminas. Pero es probable que la *Streptomonas ruminantium* tenga habilidad para sintetizar vitamina B 12 y factores relacionados con dicha vitamina. La vitamina más requerida por las cepas de bacterias ruminales es la biotina. Muchas necesitan el ácido p- aminobenzoico, y otras en menor número, requieren piridoxina, vitamina B 12, ácido fólico, riboflavina o tiamina. En algunos ruminococci se sustituye la vitamina B 12 por metionina, por último la bacteria *Bacteroides melaninogenicus* requiere de una fuente exógena de vitamina K, y por otro lado es importante agregar cobalto en la dieta para preformar las vitaminas. (11,19,27)

LOS PROTOZOOS.

Los protozoos que se encuentran en el rumen, son esencialmente especies ciliadas, aunque algunos presentan flagelos principalmente en rumiantes jóvenes o en animales que hayan perdido la población de ciliados.

El número de protozoos es aproximadamente de un millón por gramo de contenido ruminal y su volumen es igual al de las bacterias, su tamaño varía de 20 a 200 micras.

Para clasificarlos, se usa su morfología celular ya que son organismos grandes fácilmente observables en el microscopio. Existen dos familias importantes que son; HOLOTRICOS Y OLIGOTRICOS y su clasificación completa es la siguientes: (11,19,49)

HOLOTRICOS Y OLIGOTRICOS y su clasificación completa es la siguientes:(11,19,49)

HOLOTRICOS.

Clase: Ciliados
 Subclase: Holotricos
 Genero y especie: *Isotricha intestinalis*
Isotricha prostoma
Dasyticha ruminantium
Blepharocorys bovis.
Charon ventriculi.
Buetschilla. raras.

OLIGOTRICOS.

Clase: Ciliados
 Subclase: Oligotricos
 Género y especie: *Diplodinium*
 Subespecie: *Diplodinium dentatum*
Diplodinium posterovesiculatum
Diplodinium crista-galli
Diplodinium psittaceum
Diplodinium elongatum
Diplodinium polygonale
Entodinium bursa
Entodinium caudatum
Eudiplodinium neglectum
Eudiplodinium maggi (syn. *Metadinium*
medium)
Eudiplodinium medium
Eudiplodinium bursa
Eudiplodinium affine
Eudiplodinium rostratum
Polyplastron multivesiculatum
Elystroplastron bubali
Ostrocodinium obtusum
Ostrocodinium gracile

Enoploplastron trilonicatum.(11)

Entre los flagelados que se encuentran en ocasiones en el rumen existen; *Monocercomonas ruminantia*, *Calliastrix frontalis*, *Chilomastix*, dos especies de *Tetratrichomonas*, *Pentatrichomonas hominis* y *Monocercomonas bovis*.

En lo que se refiere a la función y fisiología de los protozoos, el conocimiento que se tiene es muy poco debido a la dificultad de cultivarlos "in vitro", ya que no es posible mantenerlos durante un tiempo prolongado, aunado a esto las bacterias pueden crecer en el mismo lugar donde están los protozoos y es difícil separarlos.(36) Sin embargo, a los protozoos se les atribuye las siguientes funciones:

HOLOTRICOS.

- Tiene capacidad bacteriofágica se nutren de partículas alimentarias, bacterias y levaduras.

- Los holotricos y principalmente los del género *Isotricha*, metabolizan la glucosa, fructuosa, sucrosa, inulina, prolifructuosa, almidón granular y pectinas

- Absorben azúcares solubles y los almacenan en su citoplasma en forma de carbohidratos insolubles, por hidrólisis completa se va a producir glucosa que esta constituida por una amilopectina pura.

- Los del género *Dentricha* poseen un poderoso sistema glucofítico de gran utilidad ya que la rápida acumulación de los hidratos de carbono bajo la forma de glucosa aminora la producción de ácidos grasos volátiles por las bacterias, privándolas de una parte importante de glúcidos que serán degradados rápidamente por aquellas para ser convertidas en dichos ácidos grasos.

- Actúan sobre azúcares solubles liberados por las bacterias, haciéndolos fermentar lentamente con la producción de ácido láctico, acético y butírico. (fig. 28).

- Producen hidrógeno y dióxido de carbono.

- Los del género *Isotricha*, almacenan granulos del almidón íntegros no digeridos, y pequeños gránulos de amilopectina que son digeridos por amilasas endocelulares.(11,27)

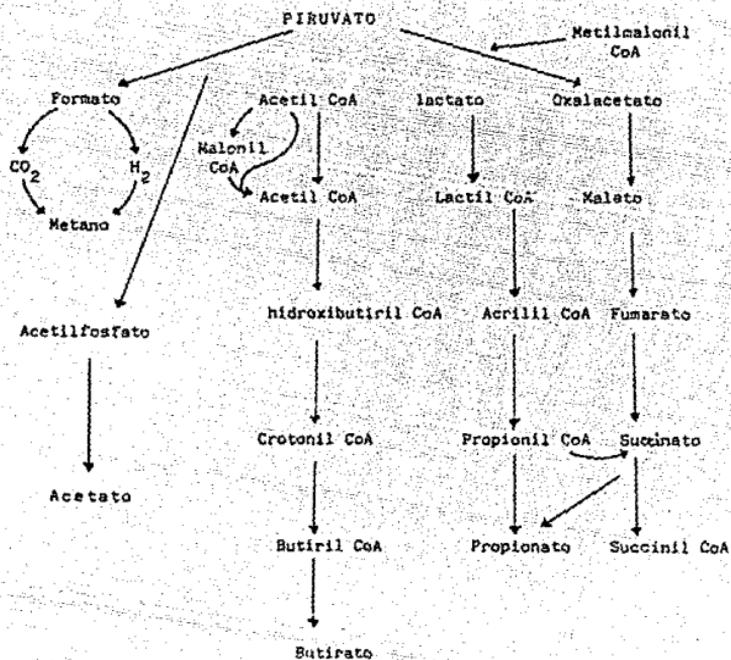


FIGURA 2a FORMACION DE ACIDOS GRASOS VOLATILES

(Tomado de Gurtler, H.A., Kolb E., Schroden, L. y Sheiden, H., 1967)

OLIGOTRICOS.

-Los Diplodinium, fragmentan la celulosa y lo transforman en carbohidratos de reserva de tipo amilopéctico e intervienen activamente en la degradación de la celulosa.

-Los oligotricos más pequeños son los del género Entodinium, estos ingieren pequeños granos de almidón; constituyen los principales agentes de la digestión del almidón entre los ciliados del rumen, además son capaces de fagocitar granulos.

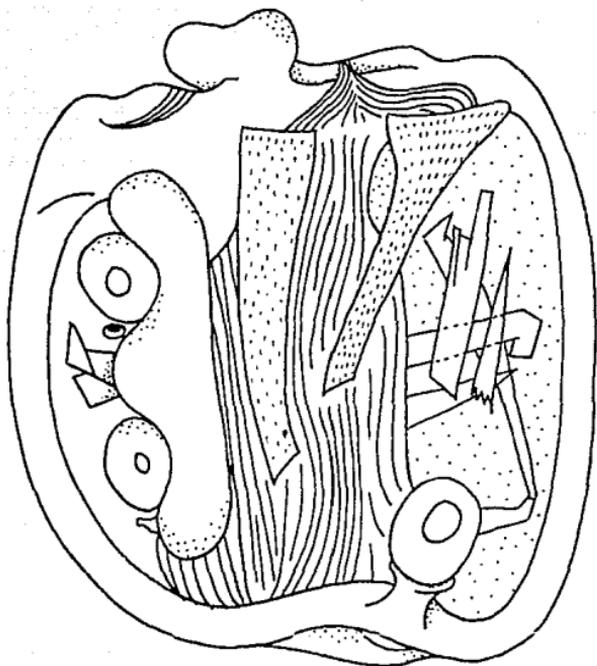
-El almidón lo desdoblan hasta maltosa y glucosa, por lo tanto se transforma en un carbohidrato de reserva que se deposita en la periferia de la célula, o bien vuelve a fermentar. Como productos finales de la degradación del almidón se forman ácidos acético, butírico, y algo de ácido propiónico, $C O_2$, H_2 , y poca cantidad de ácido láctico.

- El Epidinium y Entodinium, desdoblan el azúcar y el almidón soluble si pierden carbohidratos de reserva intracelulares. Por lo tanto los oligotricos aprovechan los carbohidratos solubles en escasa cantidad, y aprovechan muy bien las sustancias complejas como el almidón, pectina, hemicelulosa y celulosa.

- En el caso especial del Entodinium caudatum se dice que es capaz de tomar aminoácidos del medio de cultivo en presencia de penicilina y neomicina. los incorpora a la proteína celular sin previa transformación. Una parte de los aminoácidos se metaboliza en el seno de las células. Por otra parte toma adenina, guanina y uracilo, para ser incluidos en los ácidos nucleicos, e hidroliza la caseína rápidamente hasta la fase de péptidos y aminoácidos, sin que estos últimos lleguen a desaminarse.

- El Metadinium, es capaz de tomar celulosa y almacenarla en forma de polisacárido semejante a la amilopéctina. (fig 29)

Nos obstante todo lo anterior, la importancia de los protozoos radica en que influyen de forma beneficiosa en el animal hospedador en los procesos de digestión que se llevan a cabo en el rumen. En corderos con un número adecuado de ciliados hay un aumento de peso corporal y mayor digestibilidad del extracto seco. Aprovecha mejor el N, y tiene mayores concentraciones de ácidos grasos volátiles y $H H_3$ en el jugo ruminal. Por otra parte, el ingreso del almidón en determinados ciliados frena el descenso del pH en el rumen tras el consumo de raciones ricas en almidón. (11,27,36)



Metadinium medium

FIGURA 29 PROTOZOARIO DEL RUMEN
(Tomado de Lewis. D. y Annison, E., 1986)

LEVADURAS.

Las levaduras, sintetizan glucógeno a partir de glucosa, intervienen en la unión de las bacterias, en la síntesis de proteínas y de vitaminas del complejo B.(27)

METABOLISMO DE CARBOHIDRATOS.

Los carbohidratos, durante los procesos de fermentación son usados por la flora ruminal como fuente de energía. La mayoría de estos carbohidratos, están en los aliaentos en forma de polisacáridos (celulosa, hemicelulosa, almidón, pectinas y fructosa) o bien, como disacáridos (sacarosa). No obstante, cualquiera que sea la presentación, los hidratos de carbono son degradados hasta ácidos grasos volátiles (AGV); acético, propiónico y butírico, estos son absorbidos por la pared del rumen.(15,27,36).

Las principales transformaciones que sufren los carbohidratos dentro del rumen son las siguientes:(fig. 30)

Degradación de celulosa.

Esta degradación es favorecida por la flora microbiana, la utilización de la celulosa es quizá la función más importante que se lleva a cabo en el rumen, consta de tres etapas

- 1.- La celulosa es fragmentada mediante una despolimerasa
- 2.- Se rompen estos fragmentos en celobiosa y glucosa por efecto de una glucosidasa.
- 3.- Por último , se transforma en celobiosa y glucosa merced a la celobiosa y descomposición de la glucosa en ácidos grasos inferiores.

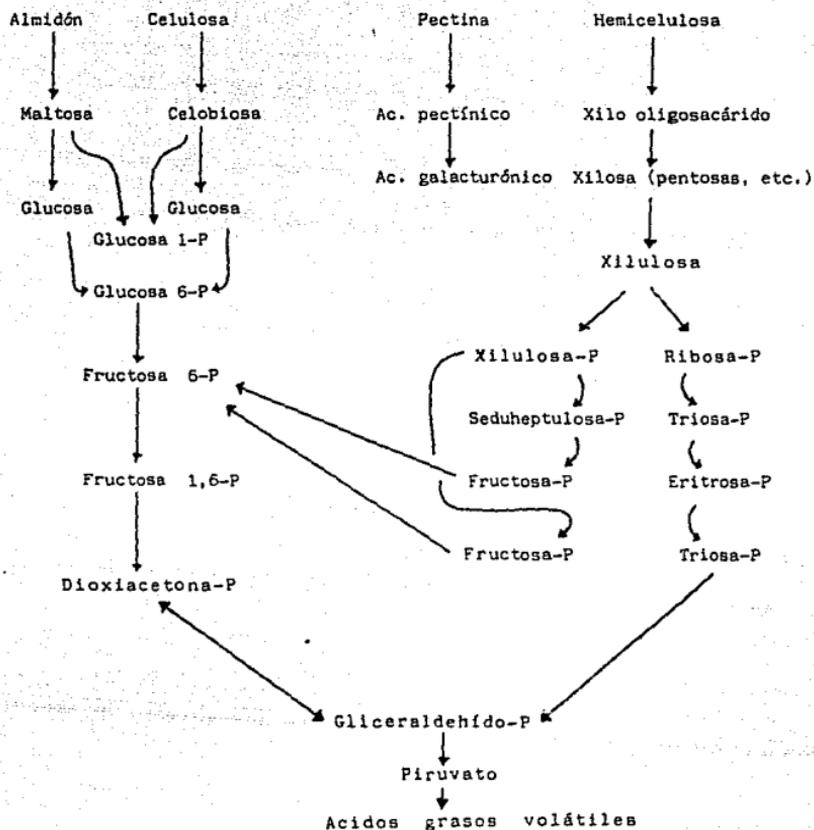


FIGURA 30 DEGRADACION DE HIDRATOS DE CARBONO EN EL RUMEN

(Tomado de Gurtler, H.A., Kolb, E., Schroder, L. y Sheider, H., 1987)

Por lo tanto en el proceso de degradación, la actividad sobre la celulosa comienza por una célula bacteriana; su producción se ve disminuida cuando se agregan a la dieta carbohidratos más solubles como el almidón o azúcares; esto es ocasionado porque aumentan los microorganismos que degradan a estos carbohidratos entre tanto disminuyen los que atacan a la celulosa. Esta celulosa da como producto celobiosa, la cual puede seguir una de las dos vías:

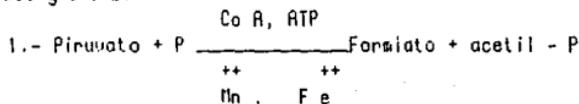
1a. Conduce a la formación de ácido pirúvico, ya que la celobiosa es transformada en dos moléculas de glucosa (hasta este punto se lleva a cabo fuera de la célula), una vez dentro de la célula la glucosa es atacada por una glucólisis o fermentación y produce ácido pirúvico.

2a. En esta vía la celobiosa es fosforilada para producir una molécula de glucosa un fosfato y una molécula de glucosa (esto se lleva a cabo fuera de la célula); una vez dentro de la bacteria en forma de una fosfoglucosa es llevada hasta la formación de glucógeno o almidón. (27,49)

Formación de ácidos grasos volátiles.

Los AGV, son producto de la fermentación de los carbohidratos y de las cadenas carbonadas de los aminoácidos.

La formación de ácido acético: Este se forma a partir de piruvato a través de dos reacciones, que dan lugar a la formación de formiato y CO_2 :



FD : Ferredoxina.

La formación de ácido propiónico; se puede producir mediante la formación de acrilato y mediante la carboxilación de fosfoenol piruvato a oxalacetato y succinato.

Formación de ácido butírico; se puede producir a la inversa de la beta- oxidación de los ácidos grasos o bien a través del malonil- C o A en el rumen.

El ácido acético y el butírico se pueden transformar uno en otro.

No obstante, los tres ácidos antes mencionados son los más importantes, también hay otros ácidos grasos volátiles como el valerianato que se origina del acético y propiónico, además de algunos ramificados de cadena larga, como el ácido isobutírico y el isovaleriánico.(27,36)

Degradación del almidón

El almidón es un polisacárido que se encuentra en dietas a base de cereales, dicho almidón es factor muy importante en el mantenimiento de la flora que esta creciendo en el rumen. La fermentación ruminal constituye un proceso lento, complejo e ineficiente, pues una parte de la energía se pierde en forma de metano.

Cuando el almidón es atacado se produce gran cantidad de ácido propiónico y existe una gran acumulación de ácido láctico, lo que puede conducir a una disminución del pH ruminal y llevar a un cambio en su flora. El almidón en su degradación es atacado primeramente por amilazas bacterianas que conducen a la formación de maltosa, la cual a su vez, es atacada por maltosas para producir glucosa. Hasta este punto los procesos se llevan a cabo fuera de la célula; una vez dentro de las bacterias la glucosa se fosforita a 6 fosfoglucosa por medio de la glucocinasa, posteriormente la 6 fosfoglucosa nos da ácido pirúvico por medio de la glucólisis o fermentación (fig. 31).(21,27)

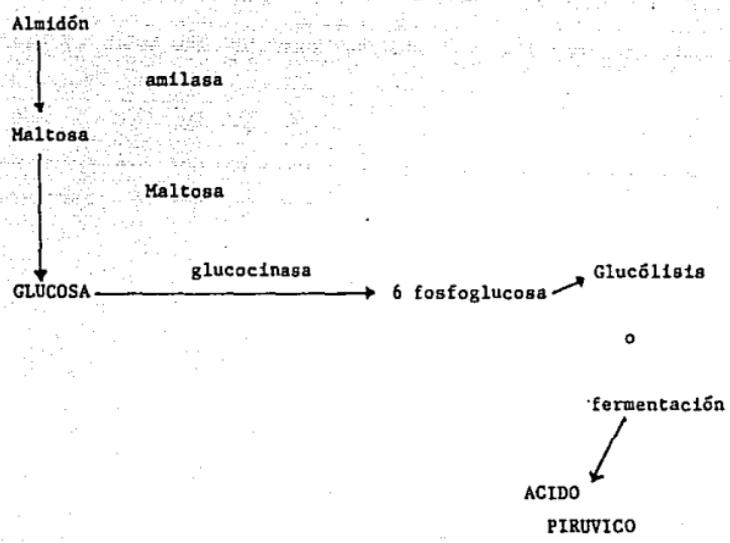


FIGURA 31 DEGRADACION DEL ALMIDON
(Tomado y modificado de Guyton, R. 1975)

Degradación de hemicelulosa y pectinas

La hemicelulosa y la pectina son polisacáridos, que conducen a la formación de ácido pirúvico. Las vías en ambos casos son muy similares y por lo menos en el caso de las hemicelulosas, como ya se mencionó antes, los productos finales son parecidos a los de la celulosa. En la figura 32 se muestran las vías que conducen a la formación de piruvato.(27)

Degradación de azúcares

Los azúcares, también contribuyen a la formación de ácido pirúvico y posteriormente forman ácidos grasos volátiles.

La acción del azúcar depende de la forma física de administración, por ejemplo; la melaza es un subproducto de la industria azucarera, y se presenta en forma incristalizada, esta va a favorecer el aumento de ácido butírico. En el caso del azúcar cristalizada se va a metabolizar rápidamente, provocando un rápido ascenso de las concentraciones de ácido propiónico y ácido láctico y reduce el acético.

Una vez que los sustratos han sido fragmentados en ácido pirúvico (fig 33), pueden seguir una serie de vías metabólicas que conducen a la formación de ácidos grasos volátiles.(38)

METABOLISMO DE LIPIDOS..

Las plantas forrajeras y muchas semillas contienen en promedio de 4 a 6 % de lípidos, su composición es la siguiente:

Glicéridos.....	1.5 a 4 %
Céridos.....	.5 a 1 %
Esteroles.....	.5 a 1 %
Fosfolípidos con sales de ácido fosfatídico.....	.5 a 1 %

La fracción lipídica de los glicéridos, está constituida por ésteres glicerilgalactosidos de ácidos grasos, esencialmente de ácido linoléico, el alcance de la hidrólisis de diferentes aceites y grasas, tanto vegetales como animales, llega a un máximo de 93 %.

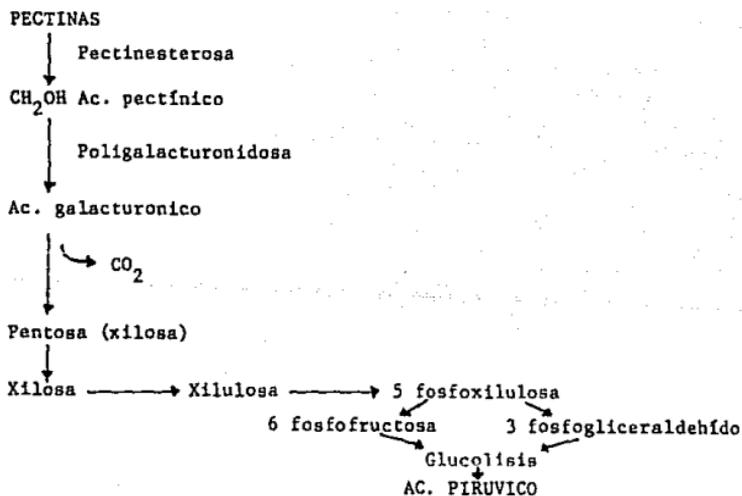
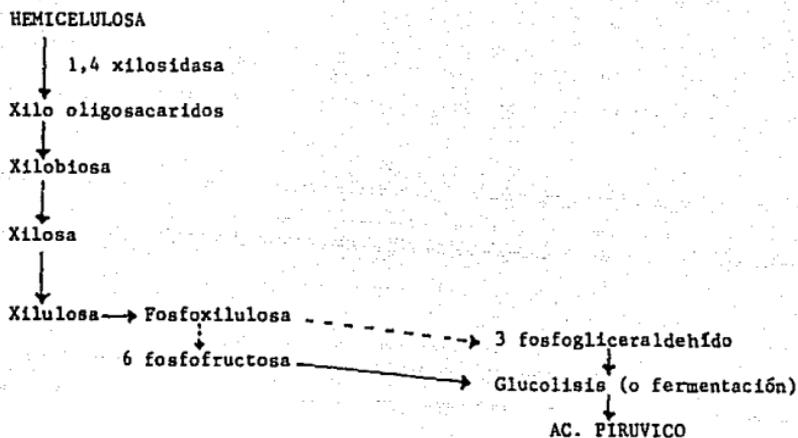


FIGURA 32 DEGRADACION DE HEMICELULOSA Y PECTINAS

Las grasas de origen vegetal muestran una parte alta de ácidos insaturados y un índice de yodo más alto en relación a las grasas animales. Antes de ser absorbidas en el intestino delgado, los lípidos sufren modificaciones derivadas de procesos fermentativos del rumen. Entre dichas modificaciones se menciona la formación de isómeros de posición, isómeros trans; cadenas impares y ramificadas mismas que no son características de lípidos vegetales. Por ello es evidente que la síntesis de dichos ácidos tienen lugar en el rumen, la parte baja del tracto gastrointestinal o bien en los tejidos corporales.

Los aceites vegetales son en general hidrolizados más eficientemente que las grasas animales. El glicerol liberado puede ser metabolizado con producción de ácido propiónico como principal producto de fermentación. Algunas consideraciones que debemos de tener en cuenta en la ingestión de lípidos compuestos son las siguientes:

1.- Los ácidos grasos insaturados, especialmente los poliinsaturados suelen alterar la permeabilidad de las células bacterianas a causa de su tensión superficial. Esto trae consigo una disminución del proceso fermentativo del rumen.

La adherencia de estos ácidos grasos a las fibras vegetales puede determinar además, una disminución en el desdoblamiento de la celulosa, una hidrogenación normal evita estas inhibiciones.

2.- Existen procesos de reducción química, en la fermentación ruminal son activados algunos estrógenos presentes en las plantas verdes, así como disminuir el grado de toxicidad en algunos compuestos por medio de un proceso de reducción, como fenoles y alcaloides.

3.- Se ha demostrado en ovinos y bovinos que hay mayor cantidad de ácidos grasos a nivel de duodeno que los que entran por la dieta. Se cree que esto se debe a que las bacterias y protozoarios presentan grasas en sus estructuras que son sintetizadas por los microorganismos mismos. (40,49)

METABOLISMO DE NITROGENO.

Las transformaciones que se realizan en el rumen por las sustancias nitrogenadas, son importantes no sólo por el suministro óptimo, sino por que aportan el material necesario para la síntesis proteica (fig. 34).

Durante el metabolismo del nitrógeno se utilizan moléculas de proteínas vegetales, las cuales se van a desdoblar hasta aminoácidos, con ayuda de enzimas hidrolíticas y proteinasas de origen microbiano, estos aminoácidos dan origen al amoníaco, y a cadenas carbonadas que pueden utilizarse para la nueva formación de aminoácidos o bien pueden degradarse hasta ácidos grasos volátiles y dióxido de carbono. (27,50,56)

Para la síntesis de proteínas, el amoníaco que se forma en el rumen se une mediante aminación reductora al alfa-cetoglutarato, utilizándose así para la síntesis de ácido glutámico. La glutamato deshidrogenasa es la enzima más importante para las bacterias que fijan el amoníaco. La degradación de las proteínas va a compañía de :

- 1- Secreción de urea al rumen por medio de la saliva y de amoníaco a través del epitelio ruminal.
- 2- Absorción de amoníaco y otros compuestos nitrogenados por el epitelio del rumen.
- 3- Ciclo de las propias proteínas bacterianas y protozoarios en el rumen.

Ahora bien la conversión en el rumen del N N P a proteínas se debe a reacciones de desintegración que proporcionan un suplemento continuo de péptidos, aminoácidos y amoníaco para la proliferación de los gérmenes del rumen, es aquí donde las bacterias proteolíticas del género *Bacteroides*, *Selenomonas*, *Butyrivibrio* y los protozoos participan en el desdoblamiento de los compuestos.

Como consecuencia del metabolismo de los aminoácidos resultantes de la proteólisis, los aminoácidos se absorben en el abomaso. Además existe una mejor utilización de las proteínas en presencia de carbohidratos y se dispone de energía para la fijación de amoníaco para el aprovechamiento de nitrógeno.

Los nitratos son reducidos rápidamente en el rumen a NH₃, pasando por nitritos, se acumulan en este compartimiento y se van absorbiendo, lo que provoca que en la sangre haya un cambio de hemoglobina a metahemoglobina.

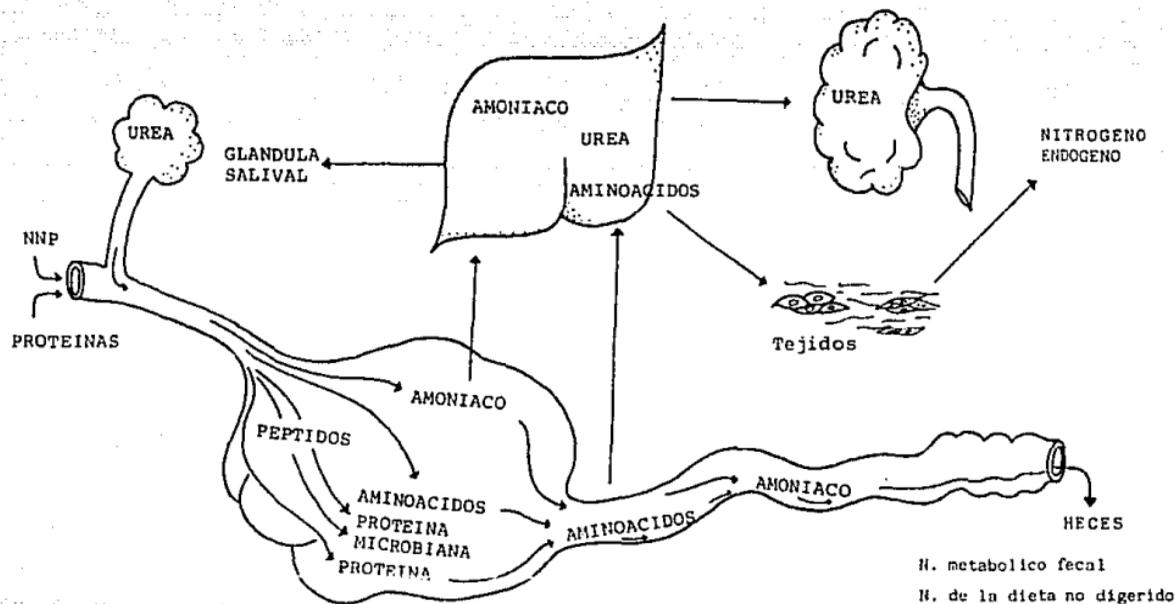


FIGURA 34 METABOLISMO DEL NITROGENO EN EL RUMIANTE

(Tomada y modificada de Gortler, H.A. Kolb, L. Schneider, L. y Shearer, H. 1967)

El amoníaco se absorbe en el rumen, por simple difusión que va a estar dada por la concentración de NH_3 y por el pH. La parte del amoníaco que no es aprovechada por las bacterias ingresa a través de las paredes del rumen al torrente sanguíneo, en el hígado el amoníaco es transformado a urea, perdiendo así su toxicidad. Este proceso implica un gasto adicional de energía toda vez que en la síntesis de una molécula de ATP, la urea constituye el producto final del metabolismo de las proteínas en el organismo, y es excretada normalmente como producto catabólico por la orina, sin embargo en el caso del rumiante una parte de esta urea puede retornar al rumen por medio de la pared ruminal o por la saliva.

Los productos nitrogenados de la digestión pasan del intestino a la circulación sanguínea, en forma de aminoácidos, los cuales se emplean en la síntesis de proteínas y otros compuestos nitrogenados de los tejidos y de secreciones como la leche. De todo esto se desprende que los rumiantes cuentan con dos fuentes de abastecimiento proteico: una representada por las bacterias del alimento que alcanza al duodeno sin ser degradada, y la otra esta determinada por la proteína que viene de la microbiología del rumen. (11,27,36)

VITAMINAS Y MINERALES.

Los rumiantes, tienen una gran capacidad de síntesis de vitaminas del complejo B, sin embargo, a los rumiantes jóvenes se les debe administrar en la dieta estas vitaminas, hasta que el rumen se desarrolle y llegue a establecerse bien la acción bacteriana. En general, puede decirse que al momento de llegar a los dos meses de edad ya sintetiza las vitaminas: Tiamina, Riboflavina, ácido nicotínico, ácido pantoténico, Biotina, ácido fólico, piridoxina, C, K, y cianocobalamina, ésta tiene un grupo ciano unido al Cobalto de tal manera que si falta Cobalto no hay síntesis bacteriana de esta vitamina. Las vitaminas A, D y E se deben incluir en la dieta. (12,27)

En cuanto a los minerales y su metabolismo juegan un papel importante, ya que intervienen en el mantenimiento de un potencial adecuado de óxido-reducción, mantienen el pH fisiológico y una

presión osmótica apropiada, por lo tanto todos ellos contribuyen al crecimiento y actividad metabólica de las bacterias. (15,38)

Los minerales que deben estar presentes en la alimentación son: Calcio, Fósforo, Sodio, Potasio, Selenio, Molibdeno, Cloro, Magnesio, Hierro, Yodo, Manganeso, Cobre, Zinc, Azufre y el Cobalto. (27,42)

FISIOLOGIA DEL VÓMITO.

El vómito, es la excreción espasmódica del contenido estomacal hacia la cavidad oral. En los ruminantes no es muy frecuente, sin embargo cuando se lleva a cabo este acto, inicia con una inspiración profunda, aunado al cierre de la glotis, se contrae el píloro y el rumen, se relaja la zona fúndica y el alimento se acumula cerca del cardias. Con todo esto la secreción salival aumenta y el contenido del rumen presiona al cardias hasta que pasa al esófago. (25,27)

Ahora bien, se relaja el diafragma, hay contracción de los músculos espiratorios y se eleva la presión de la cavidad torácica y el esófago, para luego pasar el contenido a la boca.

El vómito puede tener varias causas.

Además el vómito puede ser de dos tipos; uno central y otro periférico.

El vómito central se da cuando se estimula el centro emético que está colocado en el piso del 4o. ventrículo.

El vómito periférico, se desencadena por algún olor desagradable, un dolor intenso o bien, por algún traumatismo. (27,40)

Inervación

Está dada por fibras sensitivas del nervio vago y el glossofaríngeo. (30,55)

FISIOLOGIA DEL ERUCTO.

El eructo, es el mecanismo por el cual el ruminante desaloja grandes cantidades de gases producidos en los compartimientos gástricos como resultado de la fermentación. (11,25)

El número de eructos varía según la especie, la dieta y el sistema de alimentación, en bovinos se producen 2 litros de gas por minuto y en ovinos 5 litros de gas por hora.

La secuencia para que se de el eructo es la siguiente:

1. Desalojo de la ingesta del área cardial por efecto de las contracciones bifásicas del retículo.

2. Aunado a lo anterior el pliegue retículo ruminal y el pilar craneal permanecen contraídos no permitiendo que se llene el retículo de ingesta.

3. Se produce una dilatación del retículo que coincide con el ciclo secundario de la contracción del rumen (contracción del saco dorsal y caudodorsal y relajación del saco caudoventral, lo que permite que el gas sea forzado al área cardial. Cuando existe mucho gas o más ciclos secundarios puede ocurrir).

4. El siguiente paso es la relajación del cardias y del esfínter diafragmático, gracias al gradiente de presión rumen-esófago, a la presión negativa del esófago y al efecto de la presión abdominal. Se admite gas al esófago y esto se repite varias veces debido al cierre y apertura del cardias y del esfínter diafragmático.

5. Cuando el esófago está lleno de gas, el cardias y el esfínter diafragmático están cerrados, el esfínter faríngeo-esofágico se relaja y el gas es forzado a salir a la nasofaringe.

6. La glotis y los labios permanecen cerrados durante el eructo por lo que una parte considerable del gas entra el sistema respiratorio y es absorbido parcialmente los por alveólos y parcialmente sale con la actividad respiratoria. (11,15,27,32)

Regulación nerviosa

El reflejo del eructo se inicia con un incremento de la tensión de las paredes del rumen, que es detectada por los tensoreceptores que se localizan en el saco dorsal caudal, pared adyacente al pliegue craneal y en el área craneal. Las ramas aferentes son del vago y las eferentes son del vago y del glasofaríngeo. (15,27)

El esfínter nasofaríngeo es innervado por los mismos nervios y es controlado por el centro del eructo en la médula oblongada. (11,15)

INTESTINO DELGADO.

Movimientos intestinales.

Los movimientos del intestino delgado se deben a la actividad de la musculatura lisa de este órgano, dichos movimientos ayudan a que se produzca una mejor digestión; para ello se han considerado siete movimientos.

1. Segmentación rítmica; sirven para entremezclar el contenido intestinal con las secreciones digestivas, facilitando así el aprovechamiento de las materias nutritivas.

2. Pendulares; son contracciones alternas rítmicas de la capa muscular longitudinal de una parte del intestino. Por lo tanto, en este tipo de movimiento únicamente participan solo pequeñas zonas intestinales y contribuyen a la mezcla del alimento.

3. Ondas peristálticas lentas; son las que ayudan a llevar el alimento de porciones proximales a distales.

4. Ondas peristálticas rápidas; al igual que la anterior, son una serie de movimientos de transporte pero son más rápidas.

5. Ondas tónicas; son cambios lentos en la longitud de las fibras musculares de la parte interna. Intervienen en la iniciación y detención de las ondas rápidas.

6. Anillos tónicos; son fuertes contracciones locales de la musculatura circular del intestino. Funcionan , deteniendo las ondas peristálticas rápidas.

7. Antiperistálticos; demoran el movimiento de los alimentos para mantenerlos en contacto con las secreciones digestivas.(15)

Regulación nerviosa

El proceso se inicia, después de la ingesta de los alimentos con ella aumenta la motilidad intestinal, debido a la hiperactividad peristáltica que se produce por un reflejo gastroentérico que se inicia con la distensión física del estómago. Después, los impulsos se generan en el plexo mientérico.(15,20)

DIGESTION.

El intestino es la parte del tracto gastro intestinal más importante para la digestión de los alimentos, los cuales quedan en

condiciones de poder ser absorbidos por la mucosa intestinal.(15,20,27)

El alimento del abomaso va a pasar a través del píloro en forma de papilla, presentando una consistencia semilíquida o líquida a lo que se le va a denominar quimo gástrico ácido (QGA), durante el paso por el intestino delgado el QGA será sometido a la acción del jugo pancreático (ver páncreas) , jugo entérico y biliar (ver hígado).

El QGA se encarga de producir dos efectos a nivel duodenal uno de tipo mecánico y otro químico.

Efecto mecánico; sirve para controlar el vaciamiento del abomaso y se realiza por medio de dos reflejos simultáneos (nervioso y humoral).

Efecto químico; estimula la pared duodenal, consigue la liberación de secretina, y esta a su vez , provoca la secreción de jugo pancreático; este al estar en contacto con la mucosa intestinal da lugar a la liberación de enterogastrona, la cual pasa por vía sanguínea a las paredes del abomaso e inhibe la actividad gástrica.(15,27)

En la primera parte del intestino delgado (duodeno), se localizan dos tipos de glándulas;

1. Glándula duodenales; son de tipo tubular alveolar se abren en la mucosa del duodeno y producen mucina.

2. Glándulas intestinales; están en todo el intestino delgado y grueso, son de tipo tubular simple y tienen su origen en la submucosa.

Estas van a secretar jugo intestinal y en la parte más distal mucina.

En lo que se refiere al jugo intestinal o entérico, es un concentrado de enzimas segregado por el duodeno, yeyuno y escasamente por el íleon, las glándulas secretoras que elaboran dicha sustancia son las de Brunner y Lieberkuhn.(14,15)

Enzimas del jugo intestinal.

1. Enteroquinasa; activa el tripsinogeno, y lo transforma en tripsina.

2. Peptidasa; efectúa los pasos finales de la digestión proteínica hasta llegar a aminoácidos.

3. Maltasa; desdobra los disacáridos en monosacáridos, que son productos finales de la digestión de carbohidratos.

4. Sacarasa; (sucrasa) transforma la sacarosa en glucosa y fructosa.

5. Lactasa; hidroliza a la lactosa transformándola en glucosa y galactosa. Esta presente en el intestino de todos los mamíferos jóvenes.

6. Lipasa, (casi esta ausente en los rumiantes), su acción es hidrolizar las grasas hasta ácidos grasos y glicerina.

7. Amilasa; hidroliza a los almidones y los transforma en dextrina y maltosa.

8. Polinucleotidasa; fragmenta los ácidos nucleicos en mononucleótidos

9. Nucleotidasa; hidroliza a los mononucleótidos y los transforma en nucleósidos y ácido fosfórico.

10. Nucleosidasa; hidroliza a los nucleósidos transformándolos en bases purina, pirimidina, así como en pentosas.(40)

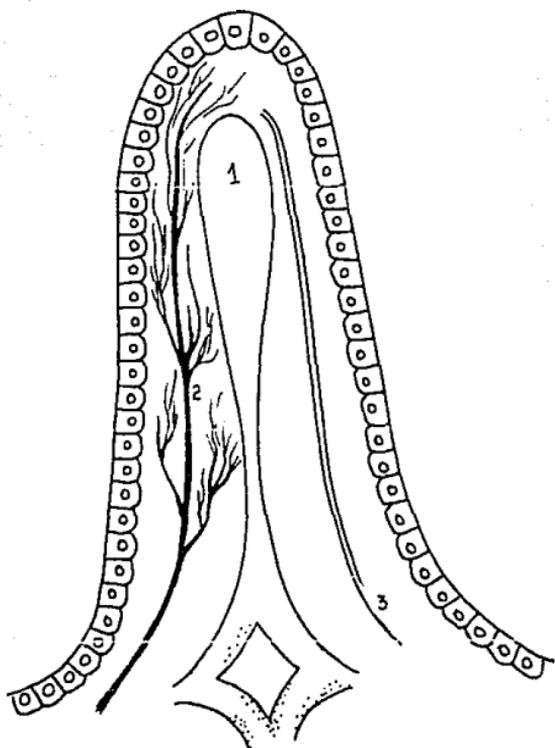
Regulación Nerviosa.

La secreción del jugo intestinal; esta dada por la estimulación mecánica de la mucosa intestinal. Aunque la velocidad de la secreción como la producción de enzimas de las glándulas intestinales estan bajo control humoral. Esto se lleva a cabo por medio de una hormona llamada Enterocrinina que actúa exitando directamente las células de la glándulas intestinales.(12,15)

ABSORCION

La absorción en el intestino es el proceso mediante el cual los alimentos que ya han sufrido algunos cambios durante la digestión pasan de la luz intestinal hacia la sangre o linfa y de ahí se dirigen a los tejidos donde se utilizan o bien se almacenan.

Es a nivel de duodeno y una parte del yeyuno donde se va a llevar a cabo este proceso. Las vellosidades intestinales juegan un papel muy importante, como ya se mencionó en el capítulo II; estan cubiertas por epitelio cilindrico, y cerca del eje de la vellosidad se encuentra un gran capilar linfático llamado quilífero (fig. 35). En la membrana basal se forma un tejido reticular, surcado por músculo liso, y abajo de la membrana basal hay un plexo capilar que termina en una vena.



- 1) Quilífero
- 2) Uena
- 3) Arteria

FIGURA 35 VELLOSIDAD INTESTINAL
(QUILIFERO)

(Tomado y modificado de Morros, S. J., 1967)

Existen dos vías por donde se absorben los alimentos por lo tanto, pueden entrar a la circulación general por vía linfática o por la sangre del sistema porta.

1. Vía linfática; los capilares linfáticos que están en la mucosa intestinal, drenan a los vasos linfáticos mayores de la submucosa. Estos perforan la capa muscular intestinal y se vacían en los quilíferos del mesenterio, que tienen conexiones con los ganglios linfáticos mesentéricos. Los quilíferos mesentéricos van a la cisterna del quilo y se vacían. El último vaso se continúa hacia adelante como conducto torácico, y se vacía en el sistema venoso anterior al corazón. (15)

2. Vía sanguínea; los capilares sanguíneos de la mucosa intestinal junto con las vellosidades, se unen y forman vénulas y venas que drenan a la vena porta vía sus raíces mesentéricas. La vena porta entra en el hígado, aquí la sangre se mezcla con la de la arteria hepática. Las venas hepáticas llevan la sangre del hígado a la vena cava posterior. (15, 30, 40)

Regulación Nerviosa y Humoral.

Esta dada por el nervio vago, el cual estimula la actividad motriz y aumenta la absorción, las fibras simpáticas inhiben la motilidad.

El control humoral está dado por la villicinina, que estimula la motilidad de las vellosidades. (15)

Absorción de carbohidratos

La degradación de los carbohidratos por las enzimas digestivas da lugar a la formación de monosacáridos y disacáridos; la degradación bacteriana va a producir ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico), que se absorben por vía sanguínea. En el hígado se van a transformar en glucógeno y se almacenan como tal.

En la parte inicial del intestino delgado, parece ser máxima la absorción de azúcares, aunque la sacarosa puede ser degradada y absorbida en el yeyuno y el íleon, la glucosa y la galactosa son

llevadas por los mismos portadores; no se conoce su naturaleza exacta, ni los mecanismos involucrados.

La velocidad intestinal de absorción de los diferentes azúcares es variable, por ejemplo; la galactosa se absorbe más rápidamente que la glucosa, la fructosa se absorbe más lentamente y la manosa, xilosa y arabinosa se absorbe escasamente. La velocidad de absorción es casi constante independientemente de la cantidad ingerida, por otra parte, la concentración tiene un notable efecto sobre la absorción de la manosa y la xilosa debido a un incremento en los procesos de difusión simple (15 30)

Absorción de proteínas.

Las proteínas se absorben en forma de aminoácidos y péptidos, la sangre de la vena porta es la vía de absorción.

Por lo tanto, las proteínas son absorbidas en forma de cuerpos más sencillos, pues el fermento Proteasa, actúa sobre albuminas y peptonas disgregando la molécula proteica.

La velocidad de absorción de los aminoácidos independientemente de su concentración y cantidad es uniforme, sin embargo, cambia según su naturaleza; por ejemplo es mayor en la alanina que en el ácido glutámico, y éste mayor que en la leucina.(15)

Absorción de grasas.

La absorción de grasas se lleva a cabo en su mayor parte por vía linfática y una pequeña parte vía porta. Las grasas van a hidrolizarse en el intestino hasta ácidos grasos y glicerol, de esta forma es como se van a absorber independientemente de que es necesaria la presencia de la bilis ya que está transformando los ácidos grasos por medio de una hidrólisis en lípidos hidrosolubles (grasas neutras), facilitando su absorción.

Los ácidos grasos junto con el glicerol van a penetrar en los extremos libres de las células epiteliales de revestimiento intestinal llegando a su interior, entrando en los espacios tisulares de la túnica propia y pasan luego a los capilares linfáticos de las vellosidades. La corriente linfática los arrastra a los linfáticos mesentéricos y al conducto torácico, que drena en el sistema venoso anterior al corazón.

La grasa que se absorbe tiene forma de emulsión, lo que le da un aspecto lechoso a la linfa.(15,29)

Absorción de agua

El agua en el intestino, continúa el proceso de isotonización que se inicia en el estómago, absorbiéndose a todo lo largo del intestino observándose una mayor absorción a nivel de ileón y ciego.

Así el agua se va a absorber debido a la presión mecánica que produce sobre la paredes del intestino y por contracción peristáltica intestinal que es mayor a la presión oncótica de los coloides de los vasos quilíferos. Las vellosidades también contribuyen a dicha absorción.(30,40)

Absorción de minerales.

La absorción de minerales parece que es en realidad un proceso de transporte activo que se produce principalmente en el duodeno.

Los minerales traza sólo se absorben en pequeñas cantidades como el Cobre, en el tercio superior del intestino delgado el Magnesio y el Zinc se absorben pobremente mientras que el Cobalto y el Molibdeno se absorben fácilmente.(30,42)

Absorción de Vitaminas.

La absorción de vitaminas hidrosolubles es rápida, pero la absorción de las liposolubles A,D,E y K es deficiente si la bilis es excluida del intestino por obstrucción o bien si la absorción de las grasas esta deprimida debido a la falta de enzimas pancreáticas. La mayor parte de las vitaminas son absorbidas en la parte alta del intestino delgado, únicamente la vitamina B12 se une al factor intrínseco que es una proteína secretada por el estómago y el complejo se va absorber en el ilon.(40)

INTESTINO GRUESO

El intestino grueso sirve sobre todo, para la absorción de agua, y junto con esta, también se pueden absorber sustancias

orgánicas de bajo peso molecular y sales inorgánicas, principalmente en la parte inicial del colon. No obstante, en los rumiantes el intestino grueso es de escasa importancia para la absorción de los productos degradados por efectos microbianos, pues una parte de la degradación se lleva a cabo en el estómago.(6,15,20)

Válvula ileocecal

La función de la válvula ileocecal es evitar el regreso del contenido del colon hacia intestino delgado. La resistencia al paso del quilo por la valvula ileocecal prolonga la permanencia del mismo en el intestino delgado y facilita la absorción.(20)

-Ciego

El ciego, es un órgano pequeño y relativamente delgado, con una musculatura muy fuerte, actua llevando la ingesta hacia el colon. Independientemente de que hay una pequeña síntesis de vitaminas del complejo B.(21)

Movimientos.

Son tres tipos de movimientos que son primeramente movimientos tónicos con cambios lentos positivos y negativos; los segundos son contracciones lentas y por último fuertes contracciones rítmicas.(20,21)

Regulación Nerviosa.

Esta dada por los nervios vago y espláncicos.

-Colon

En el colon hay absorción neta de Sodio y Cloro y se secreta bicarbonato y Potasio, las sustancias orgánicas que entran al colon incluyen células descamadas, moco y secreciones enzimáticas de las regiones proximales del intestino. La segunda porción de este órgano es la encargada de almacenar las heces.(20,21)

Movimientos.

El colon, presenta tres tipos de movimientos que son; peristálticos, antiperistálticos y contracciones de los haustras.

La peristalsis, se puede presentar en cualquier parte del colon, el movimiento progresa a una velocidad muy lenta, y sirve para llevar alimento hacia el colon bajo.

La antiperistalsis, provoca ondas inversas que pasan sobre la porción proximal del colon y fuerzan el material hacia ciego.

Las contracciones de los haustras; son de los músculos circulares que ayudan a mezclar el contenido.

En los ovinos existe una porción espiral que tiene movimientos rítmicos de vaivén (segmentación rítmica) y con ondas peristálticas rápidas, que le dan a las heces una forma característica.(53)

Regulación Nerviosa.

Esta dada por los nervios vagos(parasimpático), los cuales tienen una acción importante en el colon. La inervación simpática esta dada por el nervio pélvico.(21,53)

DEFECACION

La eliminación de las heces es un acto reflejo que obedece a las contracciones de los músculos del recto.

Las heces están compuestas por:

1. Residuos no digeridos de alimento.
2. Residuos de bilis y de los jugos gástricos, pancreáticos y entéricos.
3. Restos celulares procedentes de la mucosa intestinal.
4. Productos de excreción eliminados por el rumen e intestino grueso.

El color esta dado por pigmentos vegetales y biliares; el olor lo proporciona el índol y escatol que derivan del triptofano, y el fenol de la tirosina, por otro lado la humedad de las heces en ovejas es de 55 a 70% y en bovinos va del 70 al 90%.(11,12,21,25)

Después de su paso por el intestino grueso, todos los residuos antes mencionados, así como las secreciones, se acumulan

en el colon y dan lugar a la formación de las heces, las cuales debido a movimientos peristálticos llegan a recto.

Para que las heces sean eliminadas por el ano es necesario la relajación de los esfínteres y, la dilatación del recto, por la presión sobre este se va a desencadenar el reflejo de la defecación. La cantidad de heces que se elimina en promedio por una vaca de 700 kg es de 21.5kg por día.(27)

Los gases del intestino grueso se expulsan en parte a través del ano y en parte se absorben a la sangre y se eliminan a través de los pulmones. Los gases son anhídrido carbónico, metano, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno.(29,55)

Regulación Nerviosa

Esta dada por dos centros nerviosos, el primero, localizado en el bulbo (suelo del cuarto ventrículo) y el segundo en la médula sacra. El estímulo provocado en recto por su contenido llega al centro nervioso por vía del nervio pélvico penetra en la médula siguiendo las raíces dorsales de los nervios sacros. Por el mismo tracto nervioso viajan las fibras eferentes del colon y el recto, cuya estimulación relaja al mismo tiempo a los esfínteres.

El tono de los esfínteres lo van a dar las fibras que llegan de los ganglios parietales locales y el ganglio mesentérico inferior.(25,27)

PANCREAS

El páncreas es una glándula mixta endócrina y exocrina. Sin embargo para los procesos digestivos únicamente la porción exócrina es importante.

Por lo tanto, las células exocrinas producen y secretan dos tipos de productos:

1. Un concentrado de enzimas secretado por las células acinares.
2. Solución de bicarbonato de sodio, que es secretada por las células que revisten los conductos.

La secreción en conjunto se llama jugo pancreático, y en él se van a encontrar, enzimas proteolíticas como son, la tripsina, la quimotripsina y la carboxipeptidasa. Además también están presentes la lipasa y la amilasa pancreática.(21,30,55)

La función de cada una de las enzimas es la siguientes:

- **Tripsina:** hidroliza a las proteasas y peptonas, transformándolas en péptidos y aminoácidos.
- **Quimiotripsina:** al igual que la primera transforma a las proteasas y peptonas en péptidos y aminoácidos.
- **Carboxipeptidasa:** hidroliza a los péptidos y las transforma en aminoácidos.
- **Lipasa pancreática:** va a degradar las grasas haciéndolas pasar por diglicéridos y monoglicéridos, hasta hidrolizarlas en ácidos grasos y glicerina.
- **Amilolítica:** transforma el almidón en maltosa, maltotriosa y alfa-dextrina (fig. 36).(23,30,55)

HIGADO

En el hígado se van a desarrollar importantes funciones como las que a continuación se resumen:

1. Secreción de bilis.
2. Formación y almacenamiento del glucógeno y regulación del nivel de glucosa de la circulación.
3. Desaminación de los aminoácidos y formación de urea.
4. Destrucción de ácido úrico.
5. Síntesis de ácidos grasos a partir de carbohidratos y proteínas, fosforilización de grasa, interconversión de ácidos grasos, oxidación parcial de ácidos grasos y formación de cuerpos cetónicos.
6. Almacenamiento de vitamina A
7. Detoxificación de sustancias tóxicas que lleva la sangre.
8. Auxilia a la destrucción de eritrocitos..
9. Almacena y distribuye el factor antianemia perniciosa.
10. Formación de fibrinógeno.
11. Formación de protrombina.
12. Destrucción de estrógenos.(30,31)

No obstante, para el proceso de digestión la función que más interesa es la secreción de bilis.

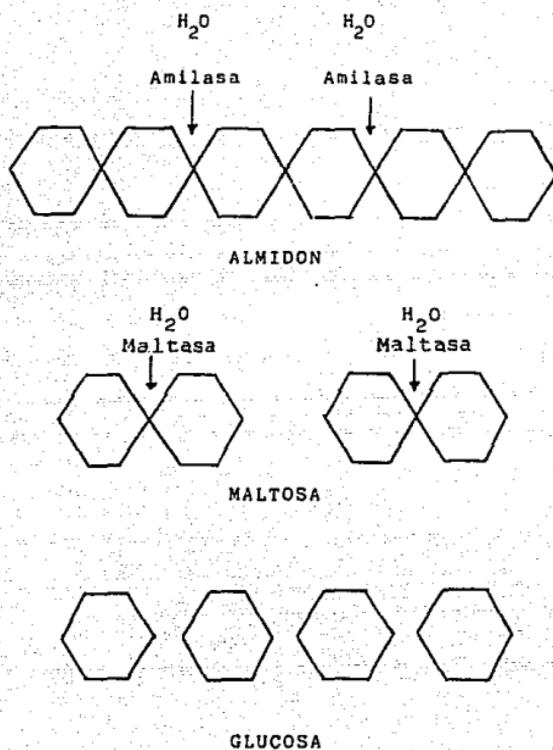


FIGURA 36 PANCREAS (ENZIMA AMIOLITICA)

Bilis

Primeramente la bilis esta compuesta por sales biliares, pigmentos biliares y la colesiterina.

Las sales biliares; son sódicas y una pequeña cantidad potásicas, provenientes de los ácidos glicocólico y taurocólico.

Pigmentos biliares; estan compuestos por la biliverdina

Colesiterina; es un lípido derivado de los esterole.

La cantidad que se secreta diariamente en el caso de ovinos y caprinos es aproximadamente de 24.4 gX Kg. de peso vivo, esta se va a almacenar en la vesícula biliar.(15,55)

La bilis es capaz de actuar de las siguientes formas:

1. Activa la lipasa pancreática.
2. Acelera ligeramente la acción de la amilasa pancreática.
3. Produce la emulsión de grasas.
4. Aumenta la solubilidad de las grasas.
5. Absorbe sales biliares.
6. Estimula el flujo biliar.
7. Ayuda a la absorción de vitaminas liposolubles.
8. Debido a su contenido de sales biliares, proporciona un pH alcalino al intestino.(29,53,55)

Regulación Nerviosa

Es de tipo hormonal, y se inicia con la presencia de grasa en el duodeno, la mucosa intestinal libera a la Colecistocinina, la cual es transportada por la sangre hacia la vesícula biliar en donde va a producir una contracción de la musculatura lisa para la liberación de bilis.(20,31)

LITERATURA CITADA

1. Amenta, P.: Histología. 2a.ed. Editorial Manual Moderno, México, D.F. 1975.
2. Banks, J.W.: Histología Veterinaria Aplicada Editorial Manuel Moderno, México. D.F. 1986.
3. Bargmann, W.: Histología y Anatomía Microscópica Humana 2a. ed., Ed. Labor, Barcelona, España, 1964.
4. Berg, B.,: Anatomía Topográfica Aplicada de los Animales Domésticos. Ed., R.C. Libros Científicos y Técnicos, Madrid, España. 1978.
5. Bloom, H. y Fawcett, M.D.: Tratado de Histología. 11a. ed. Interamericana, México, D.F. 1988.
6. Bone, J.: Fisiología, Anatomía Animal. Editorial Manual Moderno, México, D.F. 1983.
7. Cano, Ch.S.: Etiología del Síndrome Diarreico Neonatal de los Bovinos. Tesis de Licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot., Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., (1986).
8. Copenhagen, W.: Tratado de Histología. 7a. ed. Interamericana, México, D.F. 1981.
9. Cormack, H.D. Fundamentos de Histología. Ed. Harla. México, D.F. 1986.
10. Chauveau: Anatomía
11. Church, D.C., : Digestive Physiology and nutrition of Ruminants. 2th. ed. Vol. 1 D.C. Church editor, Portland E.U. 1975.

12. Church, D.C. and Pond, W.C.: Basica Animal Nutrition and Fending. 3th ed. Ed. Wiley, New York, e.U. 1982.

13. De Alva J. Alimentación del Ganado en América Latina. 2a. ed. Ed. Prensa Médica Mexicana, México, D.F. 1977.

14. Dellmann, H.D. y Brown, E. M.: Histología Veterinaria. Acribia, Zaragoza, España, 1976.

15. Dukes, H. y Swenson, M.J.: Fisiología de los Animales Domésticos. Tomo I Aguilar, España, 1979.

16. Ehrlein, H.J.: Motility of the Forestomachs in goat, Ann. Rech vet., 10(2/3), 173-175, (1979).

17. Foust, H.L. y Getty, R.: Atlas y Guías de Disección para el Estudio de los Animales Domésticos. Compañía Editorial Continental, 1963.

18. Frandson, D.R.: Anatomía y Fisiología de los Animales Domésticos. 2a.ed. Interamericana, México, D.F. 1976.

19. Fuentes, O. U.: Recopilación de notas, apuntes y artículos electos para el curso de Fisiología Veterinaria. Ed. Uíctor Fuentes, México, D.F. 1986.

20. Granong, W.F.: Fisiología Médica. 8a. Ed. Editorial Manual Moderno, México, D.F. 1980.

21. Guyton, A.: Fisiología Humana, 4a. ed. Interamericana, México, D.F., 1975.

22. Guyton, A.: Tratado de Fisiología Médica. 5a. ed. Interamericana, México, D.F. 1977.

23. García de la P.: Manuel de Endocrinología Veterinaria. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1988.

24. Getty, R. D.: Atlas de Anatomía Veterinaria aplicada. Ed. UTEHA, México, D.F. 1972.
25. González, P., Posadas, M. Olgún, B. y Reza, G.: Manual de Clínica Propedéutica Bovina. LIMUSA, México, D.F. 1986.
26. Grau, H. y Walter, P.: Histología y Anatomía Microscópica comparada de los Mamíferos Domésticos. Labor, Barcelona, España, 1975.
27. Guntler, H.A., Kolb, E., Schroder, L. y Sheider, H.: Fisiología Veterinaria. Tomo I Acribia, Zaragoza, España, 1987.
28. Ham, A.W.: Tratado de Histología. 5a. ed. Interamericana, México, D.F. 1972.
29. Housay, B.A.: Fisiología Humana, 4a. ed. El Ateneo, Buenos Aires, Argentina, 1974.
30. Howell, W.H. y Fulton, J.F.: Tratado de Fisiología. Ed. Labor, México, D.F. 1951.
31. Jensen, D.: Fisiología. Ed. Interamericana, México, D.F., 1979
32. Jerere, F.B.: Fisiología y Anatomía Animal. Ed. Manuel Moderno, México, D.F., 1983.
33. Junqueira, L. C. y Carneiro, J.: Histología Básica. Salvat, España, 1974.
34. Lesson, t. S. y Lesson, R.C.: Histología. 4a. Ed. Interamericana, México, D.F. 1985.
35. Levi, G.: Tratado de Histología. 2a. ed., Labor Barcelona, España, 1941.
36. Lewis, D. y Annison, E.: El Metabolismo en el rumen. Unión Tipográfica Editorial Hispano-América, México, D.F. 1986.

37. May, N.O.: Anatomía del Ovino, manual de disección. Ed. Centro Regional de Ayuda Técnica. Buenos Aires, Argentina, 1974.
38. Maynard, L.A., Loosli, J.K., Hintz y Warner: Nutrición Animal. 3a. ed. Unión Tipográfica Editorial Hispano-América, México, D.F. 1975.
39. McLeod, W.H.: Bovine Anatomy. 2a. ed. Burgess Publishing Company, Kansas, 1958.
40. Morros, S.J.: Elementos de Fisiología. 9a ed. Tomo I. Ed. Científico Médica, Barcelona, España 1967.
41. Netter, F.H.: Ciba Collection of Medicinal Illustrations: Digestive System. 5a. ed. Ernst Oppenheimer M. D., New York, E.U. 1979.
42. Orskov, O.R.: Protein Nutrition in Ruminants. Ed. Academic Press, New York, E.U. 1983.
43. Oteiza, F.: Introducción al Estudio del Exterior del Caballo y el Toro. CECSA, México, D.F., 1983.
44. Popesko, P.: Atlas de Anatomía Topográfica de los Animales Domésticos. Tomo II, Salvat Editores, Barcelona, España 1981.
45. Price, Ch. J. y Reed, J.E.: Histología. Herrera-Hermanos, México, D.F. 1974.
46. Ramón, C.S. y Tello, M.J.: Elementos de histología normal de técnica microfotográfica. 12a ed. Editorial Nacional, México, D.F. 1955.
47. Rebollo, M.A.: Histología. 3a. ed. Intermédica. Buenos Aires, Argentina, 1963.
48. Romer, A.S.: Anatomía Comparada. 4a. ed. Interamericana, México, D.F. 1973.

49. Shimada, S.A.: Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa. Ed. Consultores en Producción Animal, México, D.F. 1984.

50. Sisson, S. y Grossman, J.D.: Anatomía de los animales domésticos, 5a. ed. Salvat, México, D.F. 1983.

51. Tortora, G.J. y Anagnostakos, N.P.: Principios de Anatomía y Fisiología. 3a. ed. Ed. Harla, México, D.F. 1984.

52. Trautman, A.: Histología y anatomía microscópica comparada de los animales domésticos.

53. Tuttle, W.W. y Schottelius, A.B.: Fisiología, 16a ed. Interamericana, México, D.F. 1969.

54. Vaquero, C.J.: Fundamentos de histología. Interamericana, España, 1982.

55. Wright, S. Fisiología aplicada. 4a. ed. Editorial Nacional, México, D.F. 1952.