

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA



Principios de Fisiología Animal con enfoques de producción



Debbie Chávez García
Julio Villacrés Matias
Lenni Ramírez Flores



Principios de Fisiología Animal con enfoques de producción

Procesos fisiológicos digestivos, fisiología de la respiración,
ciclo estral de animales, sincronización de actividad ovárica,
fisiología del parto, fisiología del macho.

MVZ. Debbie Chávez García, MSc.
Ing. Agrop. Julio Villacrés Matías, MSc.
Ing. Lenni Ramírez Flores, MSc.

Ficha Bibliográfica:

Debbie Chávez García
Julio Villacrés Matías
Lenni Ramírez Flores

Principios de Fisiología Animal con enfoques de producción.

1° Edición, 2019
Editorial UPSE

ISBN: 978-9942-776-15-0

Formato: 210 x 297 mm

#páginas: 182

Derechos Reservados © 2019
Universidad Estatal Península de Santa Elena
Ediciones UPSE
Avenida La Libertad-Santa Elena
Ciudadela Universitaria UPSE
www.upse.edu.ec

Este libro ha sido evaluado bajo el sistema de pares académicos y mediante la modalidad de doble ciego.

Portada: Manuel Martínez Santana.

Revisión idiomática: Isabel Camacho Polo
Instituto de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico - INCYT

No está permitida la reproducción total o parcial de esta obra ni su tratamiento o transmisión por cualquier medio o método sin autorización escrita de los editores.

IMPRESO EN ECUADOR
Printed in Ecuador



¿Cómo empezar?

El material aquí descrito, es un libro de consulta para el interesado en conocer fenómenos fisiológicos que se presentan en los animales de interés comercial; el avance de las ciencias es algo imparable por lo que cada día se descubren nuevas tecnologías para el beneficio de la producción agropecuaria; avances que poseen sus bases en sólidos conocimientos de fisiología animal que fueron mentalizados hace años pero que siguen vigentes por lo que permiten entender la inclusión de tecnologías en los sistemas de producción.

Para obtener el mayor provecho de este libro, es necesario considerar el orden en que ha sido redactado, ya que cada contenido tiene conocimientos previos ligados y que sin ellos es muy difícil progresar en su lectura; conocimientos de biología y zoología son imprescindibles a la hora de estudiar con este manual. Es recomendable que en su recorrido se utilicen las figuras como una ayuda visual que complemente la lectura, ya que muchos temas están ligados directamente a la anatomía de los animales.

Prefacio

La Fisiología en general está relacionada directamente con el comportamiento, la salud, el desarrollo, la producción y reproducción; y, hasta con el estado anímico de los animales. Existen muchos acontecimientos en el cuerpo y el comportamiento de los animales que solo es entendible por quienes poseen bases de fisiología animal y en algunas ocasiones es necesario lecturas profundas para interpretar estos tipos de situaciones; la fisiología animal es la rama de la biología que se encarga de conocer y analizar las funciones de los seres vivos que conforman el reino animal; esta se ve apoyada por otras ramas de la biología como son: la zoología, bioquímica y anatomía, que se vuelven un pre-requisito cuando se quiere entender el funcionamiento de una determinada especie.

Aunque los animales difieren mucho según la especie, los principios fisiológicos casi siempre serán los mismos, ya que las funciones vitales de la mayoría de los animales serán; nacer, crecer, reproducirse y morir. El contenido de este libro muestra en primer orden: nociones básicas sobre la interacción que poseen los diferentes órganos al momento de generar una función específica, que irán haciéndose más complejas a medida que se recorren las páginas de este escrito; de aquí la importancia de la revisión de cada uno de los capítulos cuando de un principiante lector se trate. Los animales domesticados hoy en día se constituyen un aliado muy importante para los seres humanos ya sea por la provisión de alimento que sus cuerpos o productos representan, o por las utilidades que se le dé a sus productos o subproductos; o por el aporte como tracción animal, o como animales de compañía y hasta el beneficio que proporcionan los

que son destinados a la parte doméstica. Debido a que la fisiología animal es muy extensa, esta herramienta de aprendizaje se centrará en animales de producción, pudiendo en algunos casos hacer relación con los otros tipos de animales domésticos y silvestres que existen; siendo los puntos más importantes las funciones fisiológicas que estén inmersas directamente con la producción de los animales de granja que son económicamente explotables; obtener el mayor rendimiento de las unidades de producción casi siempre está relacionado con las funciones fisiológicas de los animales; de igual manera, cuando los animales presentan alteraciones en su estado sanitarios. Pudiendo decir que, la fisiología animal está inmersa en la totalidad del entendimiento de los animales, de las tecnologías empleadas, y hasta medicamentos suministrados, aspectos analizados en el presente tratado.

¿CÓMO EMPEZAR?	V
PREFACIO	VI
OBJETIVOS	1
OBJETIVOS DEL LIBRO	1
DEFINICIÓN DE LA FISIOLÓGÍA	1
RELACIÓN CON OTRAS CIENCIAS	2
DIVISIÓN DE LA FISIOLÓGÍA	2
SISTEMA DIGESTIVO	3
FUNCIONES DEL CONDUCTO DIGESTIVO	3
<i>Generalidades:</i>	3
ASPECTOS COMPARATIVOS DE LA DIGESTIÓN	4
TIPOS DE DIGESTIÓN	5
FACTORES QUE INTERVIENEN PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL APARATO DIGESTIVO	5
CONTROL E INTEGRACIÓN DEL CONDUCTO GASTROINTESTINAL	7
MECANISMO NERVIOSO	7
MODOS DE ACCIÓN	9
• MODO DE ACCIÓN ENDÓCRINA VERDADERA	9
¿CÓMO FUNCIONA?	11
• SUSTANCIAS AGONISTAS	11
FACTORES QUE INTERVIENEN PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL APARATO DIGESTIVO	12
FACTORES MECÁNICOS	12
• Masticación	13
• Deglución	14
FACTORES QUÍMICOS	17
• Secreción Gástrica	17
1. No Glandular	17
2. Región del Cardias es glandular	17
3. Región Gástrica, Fúndica u Oxíntica:	17
4. Región pilórica	18
• <i>Funciones de las células</i>	18
a) Principales del cuello	18
b) Parietales	18
c) Principales del cuerpo	19
d) Células G	19
• <i>Ácido clorhídrico (HCl)</i>	19
1. Formación del HCl:	19
2. Sustancias antagonista a las que actúan a la formación de HCl	21
FACTORES SECRETORIO	21
1. Glándulas salivales	21
Estructura del salivón	21
COMPONENTES DE LA SALIVA:	22

Funciones de la saliva:	22
2. PRODUCCIÓN DE OTRAS SUSTANCIAS (Secreción Gástrica)	24
Lipasa Gástrica.....	24
Renina	24
Factor Intrínseco.....	24
Pepsinógeno (P)	24
3. CONTROL DE LA SECRECIÓN GÁSTRICA	25
Control Cefálico	25
Control Gástrico	26
Control Intestinal:.....	26
4. JUGO GÁSTRICO	27
PROPULSIÓN Y MEZCLADO DEL CONTENIDO GÁSTRICO	28
5. SED	30
FUNCIÓN MOTRIZ DE LOS POLIGÁSTRICOS	30
• Gas.....	30
• Zona sólida.....	30
• ZONA DE EXPULSIÓN	30
• Zona pastosa.....	30
• Zona de escape potencial	30
• Zona líquida.....	30
PARTES CONSTITUTIVAS DEL ÁREA RETÍCULO-RUMINAL	31
MOTILIDAD RETÍCULO-RUMINAL	32
1. Contracciones de ciclo primario u ondas mezcladoras.....	32
❖ Onda bifásica:.....	32
❖ Onda monofásica.....	33
2. Contracciones de ciclo secundario o del eructo.....	33
3. Contracciones propias de la rumia	33
FRECUENCIA DE LAS CONTRACCIONES.....	34
OBJETIVO DE LAS CONTRACCIONES.....	34
a. Mezclado	34
b. Paso del contenido ruminal al omaso.....	35
c. Rumia.....	35
Regurgitación	35
Remasticación	36
Función de la remasticación	36
Reinsalivación	37
Redeglución:	37
d. Eliminación de gases	37
DIGESTIÓN DEL RUMIANTE JOVEN	38
Consideraciones de esta fase:	39
Consideraciones de esta fase:	39
FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE LA	
DIGESTIÓN.....	40
Procesos mecánicos:.....	40
Procesos químicos y microbiológicos.....	40
Producción de ácidos.....	40
Producción de gases	41
VENTAJAS DE LA DIGESTIÓN DE UN RUMIANTE	41

ACCIÓN DE LAS BACTERIAS.....	42
ACCIÓN DE LOS PROTOZOARIOS.....	42
ACCIÓN DE LOS HONGOS	43
DIGESTIÓN DE LOS CHO (EN EL RUMEN)	43
<i>Los de fácil disponibilidad:</i>	43
<i>Los de difícil disponibilidad:</i>	43
DIGESTIÓN DE LAS PROTEÍNAS	44
DIGESTIÓN DE LOS LÍPIDOS	46
SÍNTESIS DE LAS VITAMINAS.....	46
DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DEL INTESTINO DELGADO	46
<i>Superficie de digestión y absorción</i>	47
<i>Digestión en el Intestino Delgado</i>	48
Digestión Luminal o fase pancreática	48
Digestión Mucosa:	48
SECRECIÓN DEL INTESTINO DELGADO	49
<i>Glándulas de Brunner</i>	49
<i>Jugo Duodenal o Jugo Entérico</i>	49
Bilis.....	49
• <i>JUGO PANCREÁTICO</i>	50
¿CÓMO SE ACTIVAN LAS PRO-ENZIMAS?	51
DIGESTIÓN DE LOS CHO (MONO GÁSTRICOS)	52
<i>Absorción de los CHO</i>	53
DIGESTIÓN DE LAS PROTEÍNAS (MONO GÁSTRICOS)	53
DIGESTIÓN DE LOS LÍPIDOS (MONO GÁSTRICOS).....	54
DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN EN EL INTESTINO GRUESO.....	55
DIGESTIÓN DE CHO (INTESTINO GRUESO)	56
DIGESTIÓN DE LAS PROTEÍNAS (INTESTINO GRUESO)	57
IMPORTANCIA DE LA MOTILIDAD INTESTINAL EN LA	
DIGESTIÓN.....	58
ACTO DE LA DEFECACIÓN	59
1. <i>Reflejo Intrínseco</i>	59
2. <i>Reflejo Extrínseco o Parasimpático</i>	60
3. REFLEJO VOLUNTARIO	60
GLÁNDULAS ANEXAS.....	61
<i>Hígado</i>	61
Funciones Del Hígado.....	61
1. Reservorio de sangre.....	61
2. Formación de Linfa.....	61
3. Limpieza de la sangre	62
4. Intervención en el metabolismo de los CHO	62
5. Intervención en el metabolismo de CHON	63
6. Metabolismo de las grasas	64
El hígado es responsable del metabolismo de la mayor parte de las grasa. La principal fuente de grasa para el organismo,	64
7. Excreción de Bilirrubina:	65
8. Excreción de Urobilinógeno	67

9.	Secreción de Bilis	68
10.	Almacenamiento de Vitaminas	69
11.	Almacenamiento de Hierro	69
12.	Detoxificación: libera y desdobra antibióticos eliminándolos en la sangre también elimina tiroxinas, estrógeno, cortisol, aldosterona, eritromicina, ampicilinas.	70
PÁNCREAS	70
	Insulina: Procesos Metabólicos	71
	Acción De La Insulina Sobre Las Células Blanco.....	72
	Acción De La Insulina Sobre Los Músculos	72
	Acción de la Insulina sobre el hígado.....	73
TRANSFORMACIÓN DE LA GLUCOSA EN ÁCIDO GRASO (HÍGADO SATURADO DE GLUCÓGENO).....		74
	Efecto de la insulina sobre la proteína.....	74
	Función de la insulina en el metabolismo de las grasas.....	74
	Niveles bajos de Insulina.....	76
	Metabolismo de las proteínas	76
	Control de la secreción de Insulina.....	77
	Glucagón y sus funciones.....	78
	Acción del Glucagón en el proceso de Glucogenólisis.....	78
	Acción del Glucagón en el proceso de Gluconeogénesis	79
	Acción del glucagón en la liberación de los ácidos grasos	79
	Acción del glucagón en la inhibición del almacenamiento de triglicéridos	79
	Control de la secreción del glucagón.....	80
	Somatostatina y su función.....	80
	Importancia de la regulación de la glucosa.....	81
APARATO DIGESTIVO DE LAS AVES	81
	<i>Figura # 20. Sistema Digestivo</i>	83
	<i>Secreciones producidas a lo largo del tracto digestivo</i>	83
	1. Bucales, buche, esofágicas.	83
	2. Gástricas.	84
	3. Intestinales.	85
	4. Hepáticas y pancreáticas.	85
INERVACIÓN DEL CONDUCTO DIGESTIVO Y GLÁNDULAS ANEXAS.		85
	<i>Absorción del aparato digestivo de las aves</i>	86
	<i>Absorción de los CHO</i>	86
	<i>Absorción de los CHON</i>	86
	Absorción de las Grasas	87
	Factores que afectan el mecanismo de absorción	88
SISTEMA RESPIRATORIO		88
OBJETIVO		88
RELACIÓN ENTRE EL APARATO RESPIRATORIO Y EL SISTEMA CIRCULATORIO		88
CICLO RESPIRATORIO		88

FIGURA # 21. CICLO RESPIRATORIOS	89
CURVA DEL PATRÓN RESPIRATORIO	89
CICLOS COMPLEMENTARIOS.....	90
TIPOS DE RESPIRACIÓN.....	90
FRECUENCIA RESPIRATORIA	91
EVENTOS DE LA MECÁNICA RESPIRATORIA	91
1. PRIMER EVENTO FISIOLÓGICO: VENTILACIÓN PULMONAR	91
❖ <i>Clasificación de la Ventilación Pulmonar.....</i>	92
• <i>Ventilación Total</i>	92
• <i>Espacio Muerto.....</i>	92
❖ <i>Volúmenes y Capacidades</i>	93
❖ <i>Movimientos y Presiones Respiratorias que intervienen en la Ventilación pulmonar</i>	94
2. SEGUNDO EVENTO FISIOLÓGICO: DIFUSIÓN DE O ₂ Y CO ₂ ENTRE EL ALVEOLO Y LA SANGRE.....	95
I. <i>Ley de Boyle (Presión con Volumen.....</i>	95
II. <i>Ley de Charles (Temperatura sobre Volumen.....</i>	95
III. <i>Ley de Henry (solubilidad de los gases</i>	96
• <i>Factores que afectan la rapidez de la Difusión.....</i>	97
3. TERCER EVENTO FISIOLÓGICO: TRANSPORTE A TRAVÉS DE LA SANGRE, DE O ₂ HACIA LA CÉLULA Y DE CO ₂ DESDE LA MISMA.....	98
❖ <i>Transporte de O₂ por la sangre</i>	98
❖ <i>Transporte de O₂ por la sangre arterial</i>	98
❖ <i>Transporte de O₂ hacia los tejidos.....</i>	98
❖ <i>Transporte de O₂ entre los capilares y los tejidos: capacidad de saturación:.....</i>	98
❖ <i>¿Cómo se transporta el CO₂?.....</i>	99
❖ <i>Difusión del CO₂ hacia los alvéolos: importancia del O₂.....</i>	99
4. CUARTO EVENTO FISIOLÓGICO: REGULACIÓN O CONTROL DE LA MECÁNICA DE LA RESPIRACIÓN	100
I. <i>Sistema Nervioso Central</i>	100
II. <i>Control Humoral</i>	103
MECANISMO DE ESTIMULACIÓN	103
MECANISMO DE ACCIÓN DEL OXÍGENO	104
APARATO CIRCULATORIO	105
FUNCIÓN	105
UNIDAD FUNCIONAL.....	105
CORAZÓN	105
FIGURA # 22. CIRCULACIÓN MAYOR Y CIRCULACIÓN MENOR.....	106
AURÍCULAS Y VENTRÍCULOS	106
VÁLVULAS.....	107

MÚSCULOS CARDÍACOS.....	107
<i>Músculos Auriculares</i>	107
<i>Músculos Ventriculares</i>	107
<i>Músculos de Conducción</i>	108
MARCAPASO Y SISTEMA DE CONDUCCIÓN.....	108
CICLO CARDÍACO.....	109
AURÍCULAS COMO BOMBAS	109
VENTRÍCULOS COMO BOMBA	110
❖ <i>LLENADO</i>	110
❖ <i>CONTRACCIÓN</i>	110
❖ <i>VACIADO</i>	110
ELECTROCARDIOGRAMA: REFLEJO DEL CICLO CARDÍACO.....	111
CICLO CARDIACO.....	111
REGULACIÓN DEL CORAZÓN COMO BOMBA.....	112
1. <i>Mecanismo Intrínseco o de Frank-Starling</i>	112
2. <i>Mecanismo del Sistema Nervioso Autónomo</i>	112
VASOS SANGUÍNEOS.....	114
❖ <i>FUNCIONES</i>	114
❖ <i>CLASIFICACIÓN DE LOS VASOS SANGUÍNEOS</i>	114
PRESIÓN SANGUÍNEA.....	114
DISTRIBUCIÓN DEL GASTO CARDÍACO	114
CONTROL DEL FLUJO SANGUÍNEO	114
MECANISMOS DE CONTROL.....	115
❖ <i>Mecanismo de corta duración</i>	115
❖ <i>MECANISMO DE LARGA DURACIÓN</i>	116
❖ <i>CONTROL HUMORAL</i>	116
❖ <i>Control Nervioso:</i>	117
CENTRO VASOMOTOR	117
IRRIGACIÓN DEL CORAZÓN	118
CONTROL DEL FLUJO SANGUÍNEO	118
SONIDOS CARDÍACOS.....	119
APARATO URINARIO.....	120
FUNCIONES.....	120
ANATOMÍA DEL APARATO URINARIO (FIGURA# 23)	120
<i>RIÑONES</i>	120
<i>Estructura interna del riñón</i>	120
Hilio Renal	120
Cápsula Renal.....	121
Corteza Renal.....	121
Médula Renal	121
a. <i>Nefrona o Nefrón</i>	121
<i>URÉTERES</i>	122
<i>VEGIGA URINARIA</i>	122
<i>URETRA</i>	123
FIGURA # 23. ANATOMÍA APARATO EXCRETOR	123

SISTEMAS DE PRESIÓN	123
PROCESOS DE FORMACIÓN DE LA ORINA.....	123
<i>FILTRACIÓN GLOMERULAR</i>	124
¿Por qué se produce el filtrado?.....	124
<i>Distribución de la sangre en los glomérulos</i>	125
• Flujo Sanguíneo Renal (FSR):	125
• Flujo Plasmático Renal (FPR):	125
• Tasa del Filtrado Glomerular (TFG):.....	125
• Fracción del Filtrado.....	125
<i>Autorregulación del Filtrado</i>	125
<i>Carga del Solutos en el Riñón</i>	126
❖ <i>Carga Tubular</i>	126
REABSORCIÓN TUBULAR	127
¿Cómo se produce la Reabsorción?	127
<i>Absorción de Sodio</i>	129
<i>Reabsorción de:</i>	129
SECRECIÓN TUBULAR	130
TRANSPORTE MÁXIMO.....	130
EQUILIBRIO GLOMÉRULO – TUBULAR	130
RECIRCULACIÓN DE UREA	131
MICCIÓN.....	132
<i>CARACTERÍSTICAS DE LA ORINA</i>	132
SISTEMA HORMONAL.....	134
• HIPÓFISIS O PITUITARIA POSTERIOR (NEUROHIPÓFISIS):	134
• HIPÓFISIS O PITUITARIA ANTERIOR (ADENOHIPÓFISIS):	134
EJE: HIPOTÁLAMO – HIPÓFISIS – GÓNADAS	135
DIFERENCIACIÓN DEL APARATO REPRODUCTOR.....	135
GLÁNDULA HIPÓFISIS.....	136
<i>Adenohipófisis</i>	136
<i>Neurohipófisis</i>	137
<i>Funciones de la Hormona del Crecimiento (STH)</i>	137
<i>Somatomedina</i>	138
<i>Regulación de la Hormona del Crecimiento</i>	139
<i>Control de la Secreción de la Hormona del Crecimiento</i>	139
GLÁNDULA TIROIDES	139
<i>Síntesis de T₃ y T₄</i>	140
❖ ¿POR QUÉ SE NECESITAN POCAS CANTIDADES DE YODO?	141
<i>Funciones de T₃ y T₄</i>	141
<i>Funciones de la Tirotropina</i>	142
<i>Regulación de T₃ y T₄</i>	142
APARATO REPRODUCTOR FEMENINO	144
ANATOMÍA DEL APARATO REPRODUCTOR FEMENINO	144
<i>OVARIOS</i>	144
<i>OVIDUCTOS</i>	145

ÚTERO	146
VAGINA	147
VULVA	147
FIGURA # 24. ANATOMÍA APARATO REPRODUCTOR FEMENINO	148
CICLOS REPRODUCTIVOS	148
PRENATAL Y NEONATAL	148
PUBERTAD	148
Fases de la Pubertad	149
Función de las Hormonas en la Ovulación	150
Tipos de Ovulación	151
Tiempos de Ovulación	152
Factores que afectan la Pubertad	152
Alternativas para mejorar la presentación de la Pubertad	153
CICLO ESTRAL	153
Fases del Ciclo Estral	153
Ciclo Estral por especies	155
Cinética de las Modificaciones Hormonales durante el Ciclo Estral	156
Regulación del Ciclo Estral	158
Otras hormonas	158
FERTILIZACIÓN	158
Volumen y Concentración espermática	159
Selección Espermática	159
Espermatozoides	160
Óvulo	161
<i>¿Cómo ocurre la Fecundación?</i>	161
Tiempo de llegada al oviducto	161
PREÑEZ (GESTACIÓN)	162
I. Fase de Cigoto	162
II. Fase Embrionaria	163
¿Cómo se preserva el embrión?	164
III. Fase Fetal	164
Membranas Placentarias	164
Tipos de Placentas	167
Formas de Placentas	167
PARTO	168
Etología: ¿por qué se produce el Parto?	168
Fases del Parto	169
Ubicación del Feto: parto eutócico	170
GLÁNDULAS MAMARIAS	170
<i>Desarrollo Parcial de la Glándula Mamaria</i>	171
<i>Función Hormonal de la Ubre</i>	172
<i>Secreción de Leche</i>	172
Incremento de la Secreción Láctea	172
FISIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL MACHO	174
TESTÍCULOS	174
<i>Actividad Hormonal</i>	176
Factores que Intervienen en la Espermatogénesis	177
Mecanismo de Enfriamiento	177

<i>Glándulas Anexas</i>	178
<i>Diferenciaciones Anatómicas</i>	179
BIBLIOGRAFÍA	180

OBJETIVOS

El objetivo general de este texto es familiarizar al estudiante de agropecuaria con la fisiología de los animales de interés zootécnico (bovinos, ovinos, cerdos, cabras y aves), con sus bases anatómicas, priorizando aquellos temas que revisten mayor importancia para la producción.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar, analizar y describir la forma, estructura y relaciones de los diferentes órganos que integran el organismo animal, clasificándolos según sus funciones y/u origen embrionario.

Entender las funciones fisiológicas de cada uno de los órganos, aparatos y sistemas que integran el cuerpo animal.

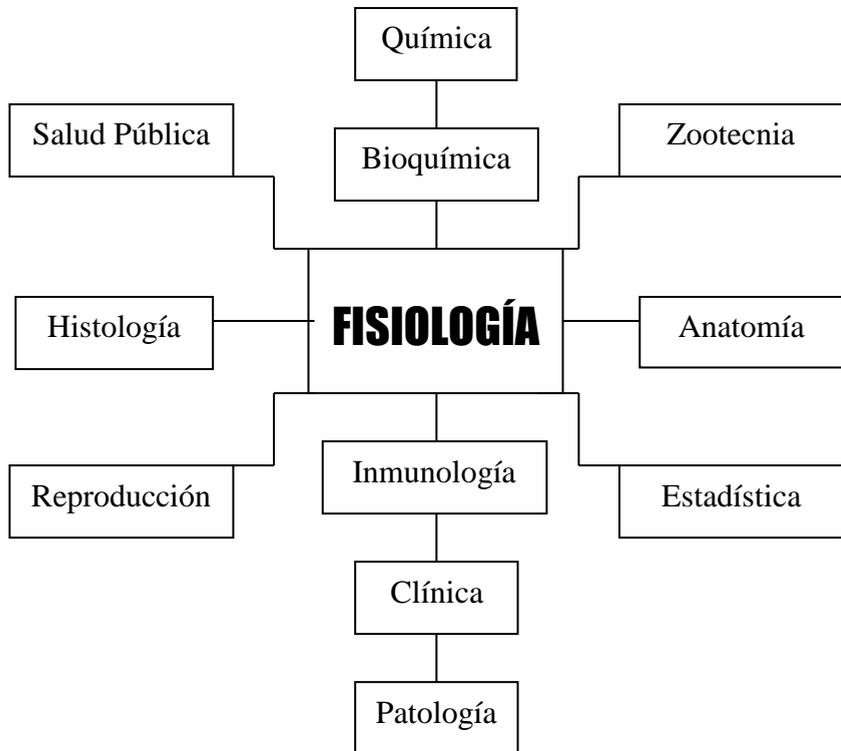
Determinar las acciones y actividades de todas las partes del organismo animal, para tipificar la funcionalidad normal de cada órgano y aparato del animal, sean estos equinos, bovinos, ovinos, porcino y/o aves.

DEFINICIÓN DE LA FISIOLOGÍA

Es una rama de la biología que estudia los fenómenos de los seres vivos.

Fenómenos: acontecimientos que se producen como consecuencia de la acción e interacción de los elementos que conforman el organismo. Ejemplo: en la reproducción existen varios fenómenos fisiológicos entre ellos el parto. El parto se produce con la acción e interacción de algunos elementos del organismo; 30 días antes se activan unas hormonas que van preparando al organismo para el parto.

RELACIÓN CON OTRAS CIENCIAS



DIVISIÓN DE LA FISIOLOGÍA

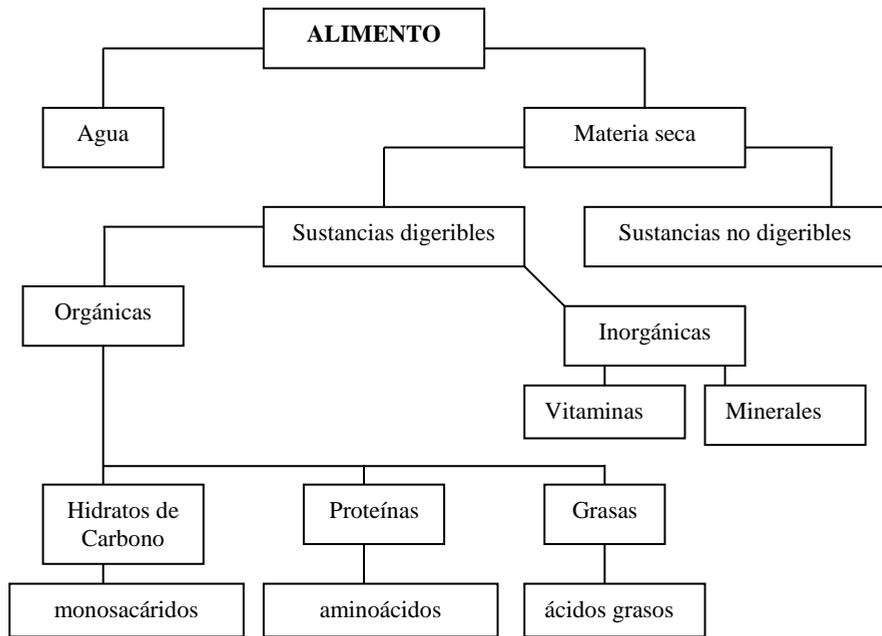
- **Fisiología General:** estudia todo lo relacionado a la unidad del organismo.
- **Fisiología Especial:** estudia todo lo relacionado a las funciones que suceden en cada uno de los órganos y aparatos del organismo.

SISTEMA DIGESTIVO

FUNCIONES DEL CONDUCTO DIGESTIVO

Generalidades:

Se considera a la digestión y absorción como las dos fases más importantes del conducto digestivo. Al conducto digestivo se lo considera como el exterior del individuo, debido a que es un conducto de paso con una entrada (boca) y salida (ano) de lo ingerido. En el conducto digestivo existen células epiteliales que se encargan de proteger y hacer las veces de barrera entre el conducto y la sangre. El conducto digestivo es el órgano de secreción de mayor tamaño en el organismo.



ASPECTOS COMPARATIVOS DE LA DIGESTIÓN

Perro: (longitud corporal 90cm.) posee un estómago adaptado a dietas altas en proteínas, medianas en carbohidratos y baja en fibra.

Oveja: (longitud corporal 110cm.) se produce una digestión fermentativa, en sus cuatro cámaras estomacales, gracias a la acción de bacterias.

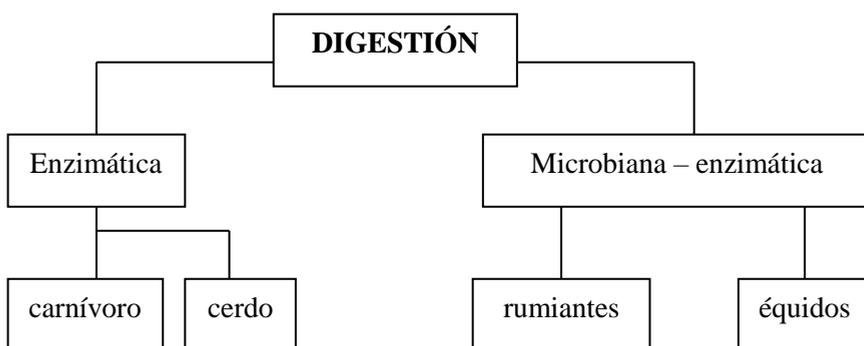
Cerdo: (longitud corporal 125cm.) existe una digestión microbiana a nivel del intestino grueso.

Caballo: (longitud corporal 164cm.) su intestino grueso es bien desarrollado, y es aquí donde ocurre una digestión fermentativa.

Vaca: (longitud corporal 4700cm) su intestino delgado es el principal órgano encargado de la absorción de los productos finales de la digestión.

TIPOS DE DIGESTIÓN

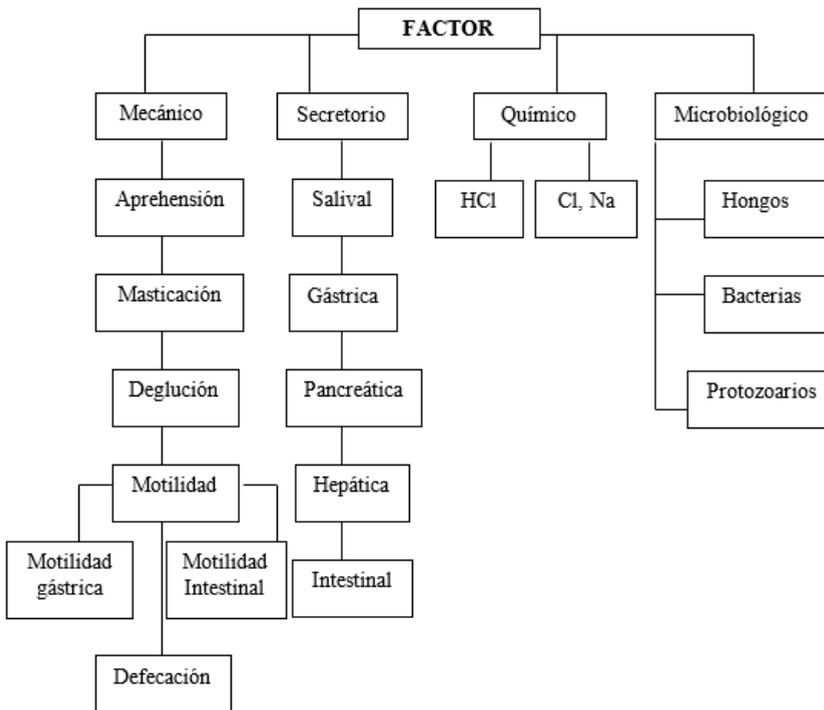
La digestión la realizan todos los animales que poseen un sistema digestivo complejo. El termino digestión se refiere a la degradación, descomposición o transformación de sustancias a nivel del sistema digestivo para obtener principios utilizables y de interés para que el animal realice sus funciones fisiológicas normales. La digestión puede ser de dos tipos dependiendo del sistema digestivo de cada animal, tal como se muestra en la siguiente imagen.



FACTORES QUE INTERVIENEN PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL APARATO DIGESTIVO

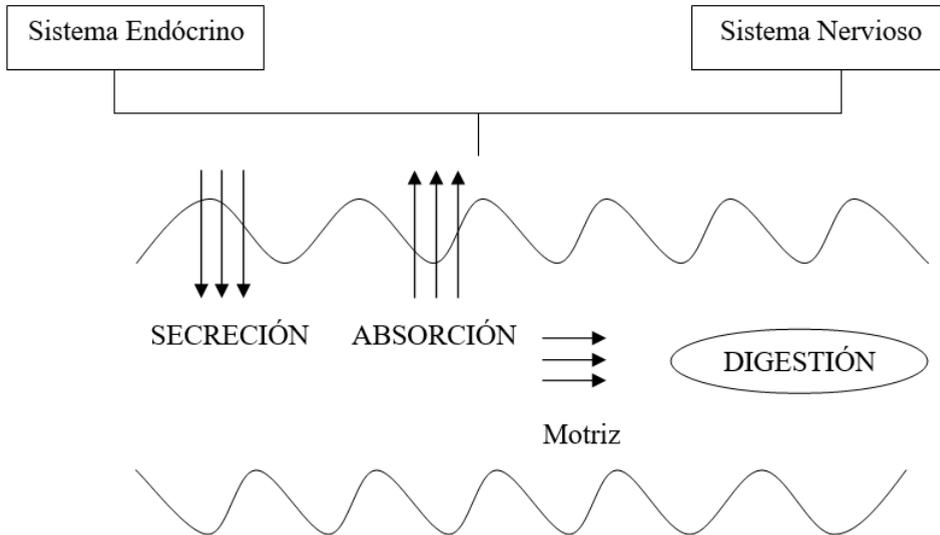
El funcionamiento del sistema digestivo desde siempre se ha visto influenciado por una gran diversidad de factores, a tal punto que se han evidenciado modificaciones en el mismo en animales donde el ambiente ha sido alterado, un ejemplo de ello se evidencia en el tamaño de los sacos ciegos que en animales de la misma especie presentan diferencia en estructuras y tamaño

debido a la alimentación que se frecuente. Los factores mecánicos están relacionados a las características de la masticación, la deglución, el movimiento del bolo alimenticio tanto en el estómago como en los intestinos, y en algunos casos hasta en la defecación. El factor secretorio tiene que ver con la secreción de sustancias que ayudan al animal en su nutrición, ya sea descomponiendo los alimentos o secretando sustancias para el beneficio del medio (correctores de PH). La parte química se vuelve un factor alterante de la digestión, debido a que ácidos como el clorhídrico ayudan a descomponer ciertas sustancias en partículas más pequeñas útiles para las células de los animales; de igual manera los microorganismos intervienen de forma benéfica en la digestión de sustancias complejas, es por eso que en algunas ocasiones la digestión se ve alterada cuando la cantidad de microorganismos también se altera.



CONTROL E INTEGRACIÓN DEL CONDUCTO GASTROINTESTINAL

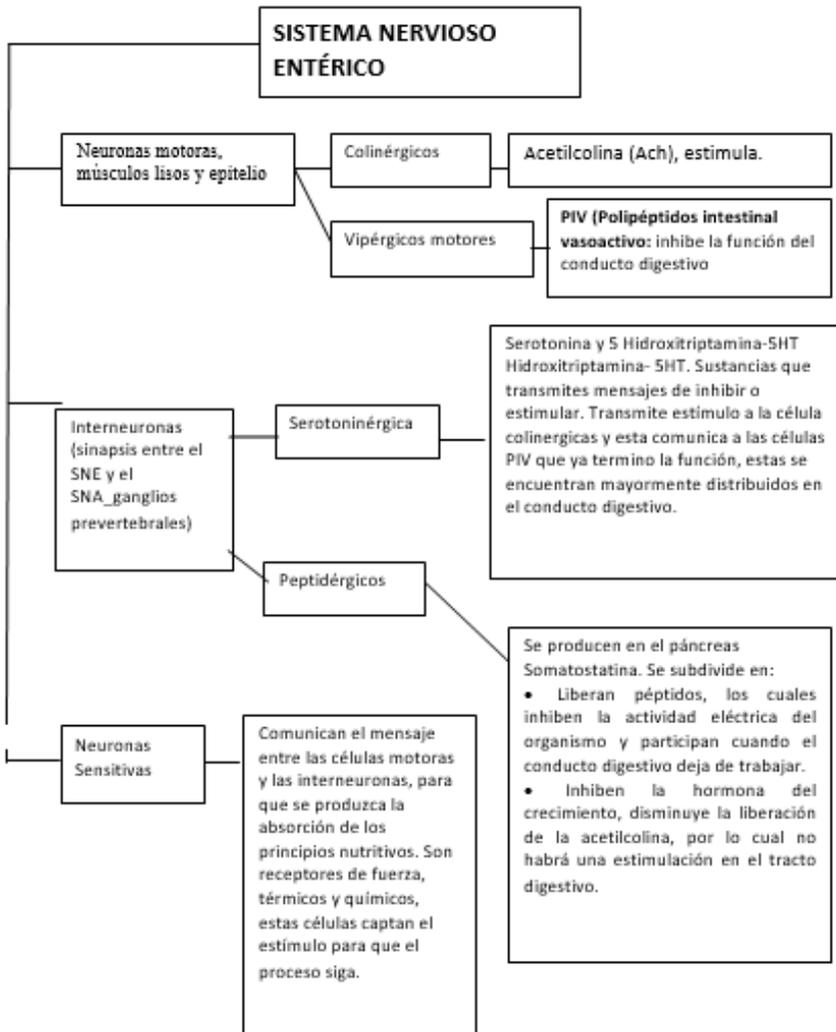
Participan:



MECANISMO NERVIOSO

- El sistema nervioso autónomo es el que regula el funcionamiento del aparato digestivo.
- A lo largo del conducto digestivo están incluidas las fibras centrípetas.
- El sistema nervioso está comunicado por sinapsis con el sistema nervioso entérico.
- El sistema nervioso entérico tiene dos ramas principales: el plexo mientérico y el plexo submucoso.
- Las fibras que inervan la mucosa y submucosa se clasifican de acuerdo al tipo de transmisor que poseen:
- ✓ **Norepinefrina y Somatostatina:** regulan el funcionamiento de las células epiteliales de la mucosa y submucosa y principalmente regulan la función secretora.

- ✓ **Neuropéptido Y:** inervan los vasos sanguíneos del conducto digestivo.
- ✓ **Norepinefrina:** está presente en las fibras que están en contacto con el sistema nervioso entérico y regulan la función motriz del conducto digestivo.



MODOS DE ACCIÓN

El conducto gastrointestinal es el órgano endócrino más grande del organismo. Las células enteroendócrinas se distribuyen de manera difusa en el tejido:

- ✓ Gástrico
- ✓ Intestinal
- ✓ Pancreático.

- **Modo de acción endócrina verdadera:**

Las sustancias que son producidas por determinadas células enteroendócrinas son trasladadas por el torrente sanguíneo a otro lugar distante, para cumplir una función específica como lo muestra la figura # 1.

Las hormonas gástricas, secretoras, colecistocinina, polipéptidos pancreáticos, inhibidores gástricos son aquellas que participan en la acción endocrina verdadera.

- **Modo de acción parácrino:** las sustancias que son producidas por determinadas células son aprovechadas de manera directa por las células vecinas.
- **Modo de acción autocrino:** que la misma célula produce secreción y ella misma se activa.

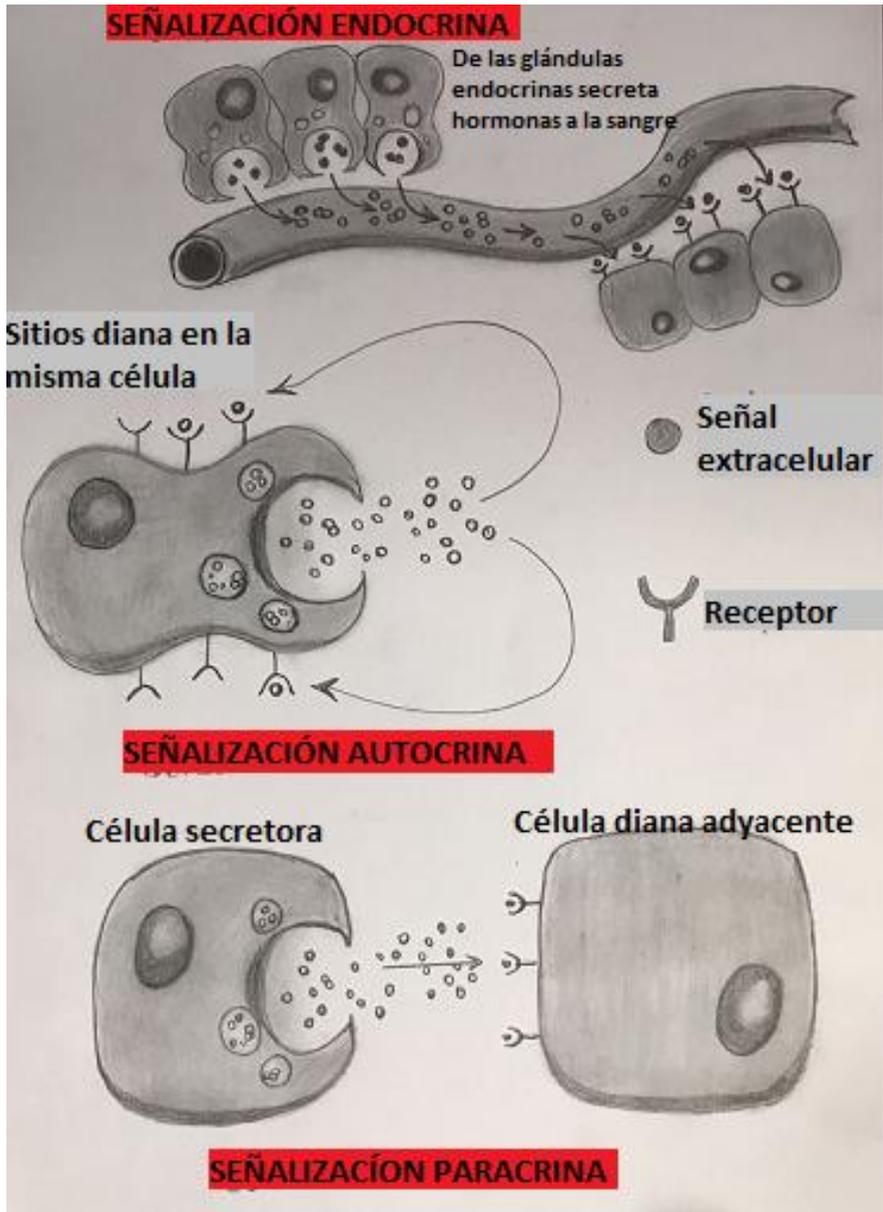


Figura # 1. Modos de comunicación de las células.

¿Cómo funciona?

Las sustancias que se forman en una célula y actúan en otra y en esta última se produce una reacción agonista, parcial o antagonista.

- **Sustancias Agonistas:** son aquellas que actúan libremente y hacen que la respuesta de la célula sea 100% eficiente. Ejemplo: la secretina es una sustancia que es transportada por la sangre, pero sólo las células pancreáticas tienen receptores que pueden captarla. Estos receptores se adaptan muy bien a la molécula de secretina. Una vez llegada la secretina a la célula blanca o diana (célula pancreática) va a estimularla, con la finalidad de producir carbonatos (CHO_3). Este es secretado por el páncreas y depositado en el intestino.
- **Agonista Parcial:** son aquellas sustancias que compiten con otras por un receptor celular, cuando no se ocupa el 100% si no el 80%, hay otras sustancias que pueden ocupar ese receptor PIV. Ejemplo: al igual que la secretina, el polipéptido intestinal vasoactivo (PIV) también es captado por los receptores de las células pancreáticas, produciéndose así una competencia entre las dos sustancias.
- **Sustancias Antagonistas:** son aquellas que realizan una función diferente a otra.
- **Agonista Competitivo:** Es cuando la agonista parcial es mayor que la agonista se convierte en competitivo y puede afectar a la producción CHO_3 afectando la digestión.

FACTORES QUE INTERVIENEN PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL APARATO DIGESTIVO

FACTORES MECÁNICOS

- **Aprehensión o Prehensión:** acto fisiológico que tiene como objetivo tomar el alimento y llevarlo a la boca. Los órganos que intervienen son: labios, dientes, lengua mandíbula y extremidades.

Cada especie tiene su característica típica de aprehender los alimentos, así tenemos que:

- ✓ **Carnívoros:** utilizan las garras de su miembro anterior para aprehender sus alimentos.
- ✓ **Equino de establo:** su principal órgano prensil, sus labios.
- ✓ **Equino de pastoreo:** con sus labios toma el alimento y con sus incisivos corta.
- ✓ **Bovinos:** Figura # 2. Toma el alimento con su particular lengua rugosa, lo introduce a la boca por una de las comisuras, finalmente entre el cojinete y los incisivos corta el pasto.



Figura # 2. Modos de aprehensión de los rumiantes

- ✓ *Ovinos:* es similar a la aprehensión que realizan los bovinos, con la diferencia que el ovino puede arrancar el pasto más cerca de la raíz, gracias a una hendidura que tiene en su labio superior.

El acto de beber también es considerado como parte de la aprehensión de los alimentos. En la mayoría de las especies, el acto de beber se efectúa de la siguiente manera:

El animal coloca los labios cerca del agua por succión, inhala profundamente creando un vacío en su boca. Luego levanta la lengua, haciendo una fuerza contraria a la de inhala, provocando que el agua suba. Una vez ingerida el agua el animal exhala.

Los carnívoros con la lengua en forma de cuchara toman el agua y la llevan hacia la boca.

- **Masticación:** acto que le sigue a la aprehensión. El principal propósito es triturar el alimento hasta lograr que las partículas sean lo más pequeñas posibles, eso permitirá que el jugo digestivo tenga mayor campo de acción y mejor será el aprovechamiento de principios nutritivos del alimento. Otro propósito de la masticación es mezclar el alimento con la saliva para crear el bolo alimenticio.

Sub factores que intervienen en el mecanismo de la masticación:

- ✓ *Movimiento mandibular:* a manera vertical sirve para triturar; en sentido lateral para cortar y los cruzados para mezclar.
- ✓ *Acción de las muelas*

- ✓ *Carrillos*: permiten que la comida no se salga de la cavidad bucal.
 - ✓ *Cisuras gingivales*: mantienen el alimento sobre la lengua.
 - ✓ *Músculos*: masetero y temporal.
- **Deglución**: comienza como acto voluntario y luego se torna reflejo los movimientos de la lengua.

Acto fisiológico en el cual el bolo alimenticio es llevado desde la cavidad bucal, a través de la faringe, esófago, hasta el estómago.

Luego de la masticación el alimento es ubicado en la parte media posterior de la boca, es en esta zona donde el bolo provoca un estímulo en los receptores de los mecanismos de la boca que se transmitirá por los nervios glossofaríngeo, rama dorsal del nervio vago y el trigémino al centro de la deglución ubicado en bulbo raquídeo, también surgen estímulos aferentes hacia el centro de la deglución desde la porción posterior de la faringe e inferior de la epiglotis.

Posteriormente, se transmitirá una respuesta por medio de los nervios craneales (V, IX, X, XI, XII), el mensaje llega a: la lengua, zona nasofaríngea, paladar blando y los músculos de la laringe (duración 0.5seg.). Figura #3.

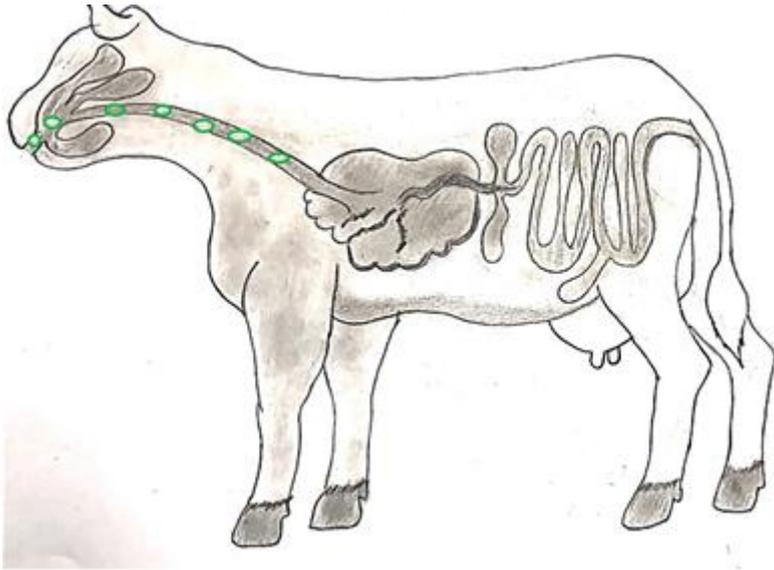


Figura #3. Deglución del bovino

Hechos que ocurren durante este proceso figura # 4.

1. Se cierra la zona nasofaríngea, el paladar blando se dirige hacia la parte superior de la laringe bloqueando el área.
2. Los músculos laríngeos obstruyen la epiglotis, cerrándose así las vías respiratorias altas. También se suspende la respiración.
3. Cierre de la tráquea.
4. El músculo milohioideo levanta la lengua, el hiogloso tira la lengua hacia atrás provocando que el bolo se introduzca más, luego la lengua baja y el bolo entra al esófago. Este proceso (entrada del bolo al esófago) provoca una dilatación en el estrecho superior del esófago debido a la presión del bolo hacia el esfínter.

5. Reducción del espacio de la cavidad faríngea.
6. Transferencia del bolo. En el esófago se produce una onda peristáltica (peristalsis primaria) producida por el sistema nervioso central la cual ayuda a que el bolo alimenticio siga transportándose más o menos hasta el primer tercio del esófago. Debido a que esta onda no es suficiente para trasladar el bolo hasta el estómago, es necesario de una segunda onda peristáltica (peristalsis secundaria) a nivel del segundo tercio del esófago hasta el estómago, todo este proceso dura aproximadamente 0.5”segundo.

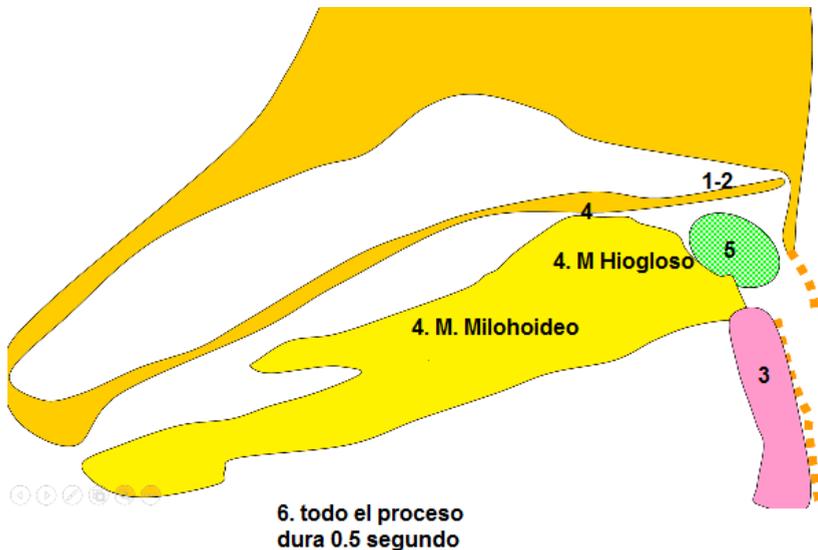


Figura # 4. Estimulo de la deglucion

El tejido estratificado se encuentra en las 2 primeras partes del esófago, esto ocurre en la mayoría de las especies excepto en las aves.

Tipos de masticación: depende el tipo de alimentación.

- Imperfecta en carnívoros
 - Completa en los herbívoros.
- **Función motriz del estómago:** el bolo, una vez llegado al estómago se almacena en la porción fúndica o fondo, aquí actúan las glándulas salivales. Llegando al cuerpo del estómago, se mezclan los alimentos gracias a las contracciones: segmentarias (estímulo de las fibras segmentarias) y las contracciones de las fibras longitudinales las cuales hacen avanzar al alimento hacia el antro o región pilórica.

Función de la región pilórica:

- ✓ Evacuar el estómago.
- ✓ Regresar gran parte del contenido estomacal (porción que no ha sido bien mezclada) al cuerpo del estómago.

FACTORES QUÍMICOS

- **Secreción Gástrica:** el estómago de los animales (monogástricos), posee cuatro regiones Figura #5:
 - 1. No Glandular:** a nivel de esta zona se produce y se reabsorbe ácidos grasos volátiles. También es absorbido Na y Cl, secretina, carbonatos (específicamente en los cerdos), y en rumiantes se absorben ácidos grasos y secretan HCO_3
 - 2. Región del Cardias es glandular:** esta zona está formada por células secretoras, las cuales producen moco (musina). Este moco protege a la mucosa estomacal de la acción de los jugos gástricos. En el cerdo también se produce carbonatos forman la barrera mucosa gástrica
 - 3. Región Gástrica, Fúndica u Oxíntica:** se produce el jugo gástrico. A este nivel encontramos tres tipos de células:
 - ✓ *Principales del cuello*
 - ✓ *Parietales*
 - ✓ *Principales del cuerpo*

4. Región pilórica: *esta es un área secretora* encontramos los siguientes tipos de células:

- ✓ Principales del cuello
- ✓ Principales del cuerpo
- ✓ Parietales
- ✓ Células G

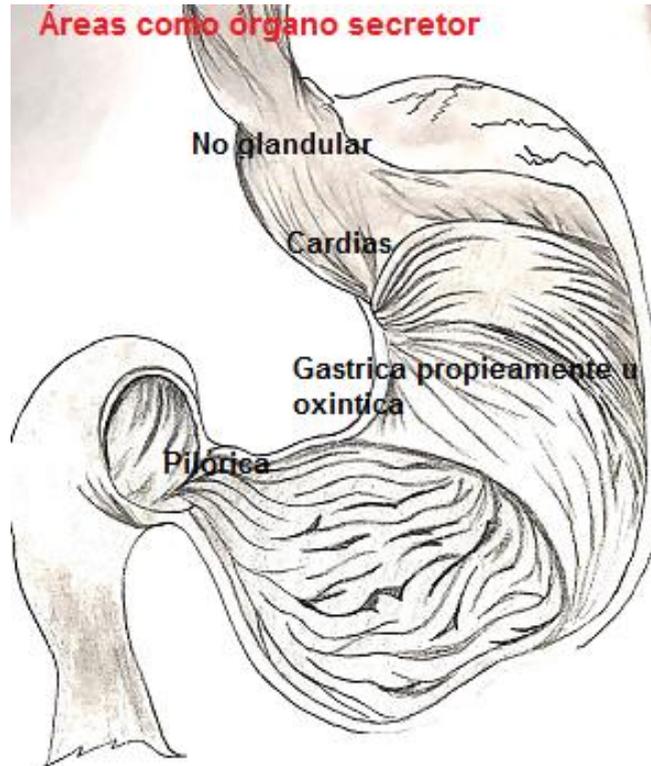


Figura # 5. Áreas como órgano secretor

- **Funciones de las células**
 - a) **Principales del cuello:** producen moco, fuerza la secreción mucosa que se produce en el cardias.
 - b) **Parietales:** producen HCl, renina el factor intrínseco y ciertas lipasas.

- c) **Principales del cuerpo:** producen pepsinógeno, precursor de la pepsina.
- d) **Células G:** producen gastrina (hormona) estas células tienen receptores térmicos y son los que producen la hormona gástrica que tiene función de estimular la secreción de HCl.

Las glándulas que secretan están constituidas por:

- Superficie epitelial
- Células del cuello
- Células parietales
- Células principales del cuerpo

- **Ácido clorhídrico (HCl)**

1. Formación del HCl:

La dieta se realiza un cambio de pH, el CO₂ incrementa en la luz del estómago, mismo que proveniente de la sangre y del lumen gástrico, penetra por difusión a la célula parietal. El CO₂ se combina con el agua existente ya en la célula formando de esta manera el ácido carbónico H₂CO₃.

En el lumen y en la pared de la célula existe una enzima llamada anhidrasa carbónica, la cual actúa sobre el H₂CO₃, desdoblándolo en carbonato e hidrógeno (HCO₃, H). Posteriormente la sangre y la célula intercambiarán carbonato y cloro respectivamente. Por otro lado, el potasio (mineral que se ingiere en la ingesta) existente en el lumen es intercambiado por un ion hidrógeno, que se encuentra en la célula parietal. Este intercambio sucede gracias a la acción de adenosin trifosfato, el cual se encuentra en la pared celular; finalmente el Cl y el K, por una diferencia en su carga

eléctrica, saldrán en conjunto hacia el lumen gástrico como lo muestra la figura # 6.

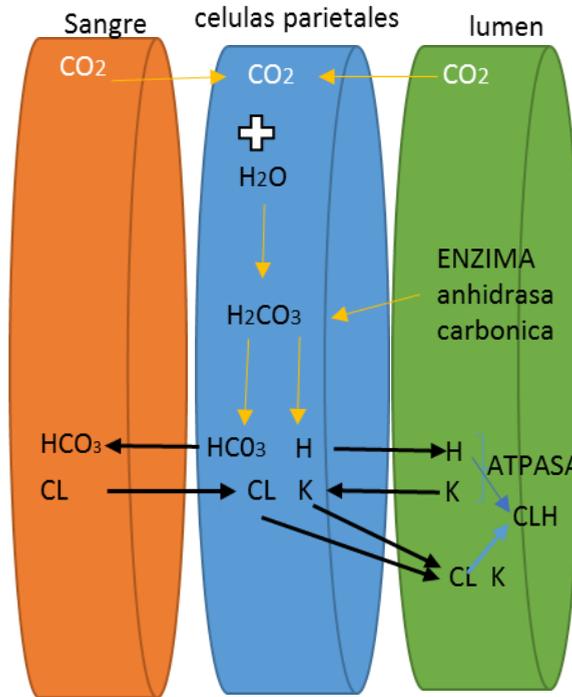


Figura # 6. Formación del Ácido Clorhídrico

Sustancias que intervienen en la formación de HCl

- Ach: interviene en la secreción de HCl, esta llega por estímulos nerviosos a los receptores de las células parietales.
- Gastrina: la ingesta de Ca es importante para que se mantenga un nivel apropiado en la secreción de HCl. Esta hormona se produce en la región pilórica (modo de acción endócrino)
- Histamina: por medio de acción parácrino, la histidina llega desde los mastocitos hasta las células parietales. La histamina utiliza ATP de la célula y luego se reduce a adenosin monofosfato cíclico (cAMP), el cual produce el estímulo para que se lleve a cabo la secreción de más HCl.

- Ca^{++} , cAMP: por una acción en conjunto, intervienen en la producción de secreción de HCl.

2. Sustancias antagonista a las que actúan a la formación de HCl

- Cimetidina-Histamina
- Atropina-Ach
- Proglumida -Gastrina

FACTORES SECRETORIO

1. Glándulas salivales

Las glándulas cumplen la importante función de producir saliva a partir de la sangre figura # 7. La unidad funcional de la glándula salival se la conoce como *salivón*.

Estructura del salivón

- **Acinos:** es la estructura más pequeña y la cual se encarga iniciar la secreción de la saliva
- **Conducto intercalar**
- **Túbulo granular contorneado**
- **Conducto intralobular**
- **Conducto excretor**

El proceso de salivación se produce por un estímulo nervioso que provoca el bolo alimenticio en los receptores que se encuentran en la cavidad bucal, y cuyo mensaje es transmitido al centro de la salivación, en el bulbo raquídeo. Por vía parasimpática el sistema responde a la glándula salival, específicamente a los acinos.

Las glándulas salivales están inervadas por el sistema nervioso autónomo (fibras simpáticas y parasimpáticas)

Las fibras parasimpáticas, gracias a la acción de la acetilcolina, estimulan a los acinos, estos a su vez tomarán de la sangre proteínas, enzimas, agua, calcio, sodio, potasio, cloro, en unas especies también tomará carbonatos (HCO_3) y en otras fosfatos (HPO_4).

Durante el recorrido, por el interior del salivón, algunos minerales (Ca, K y Cl) tomados de la sangre serán reabsorbidos por las paredes de los conductos; como resultado final quedará una sustancia hipotónica, la cual va a ser expulsada por el conducto excretor, proceso que ocurre en la mayoría de las especies.

Sustancia Hipotónica: sustancia baja en concentración de soluto, en comparación a otra. En la mayoría de las especies, su saliva es considerada una sustancia hipotónica. Excepto en los rumiantes la cual es isotónica, característica que permite la supervivencia de los microorganismos que existen en el

Componentes de la saliva:

- ***Agua***
- ***Sustancias Orgánicas:*** proteína, enzimas, mucinas, ptialina, amilasa salival (existente en el cerdo y la cual interviene dando inicio a la digestión de las grasas), lipasa (existente en animales jóvenes e inicia la digestión en los mismos).
- ***Sustancia Inorgánica:*** K, Na, Ca, Cl, K.

Funciones de la saliva:

- Ayuda la formación del bolo alimenticio.
- Interviene en la limpieza mecánica de la boca.

- Tiene poder antimicrobiano o antiséptico. Esta particularidad se nota más en los animales jóvenes, ya que su saliva posee una enzima denominada *lisozima*.
- Interviene en la deglución, lubricando en canal deglutorio (esófago).
- Su verdadera acción es a nivel de la porción fúndica del estómago. Y su poder funcional se va perdiendo conforme el pH del estómago va bajando.
- Neutraliza el pH del rumen.
- En los perros, actúa como un mecanismo de termoregulación a través de su lengua.

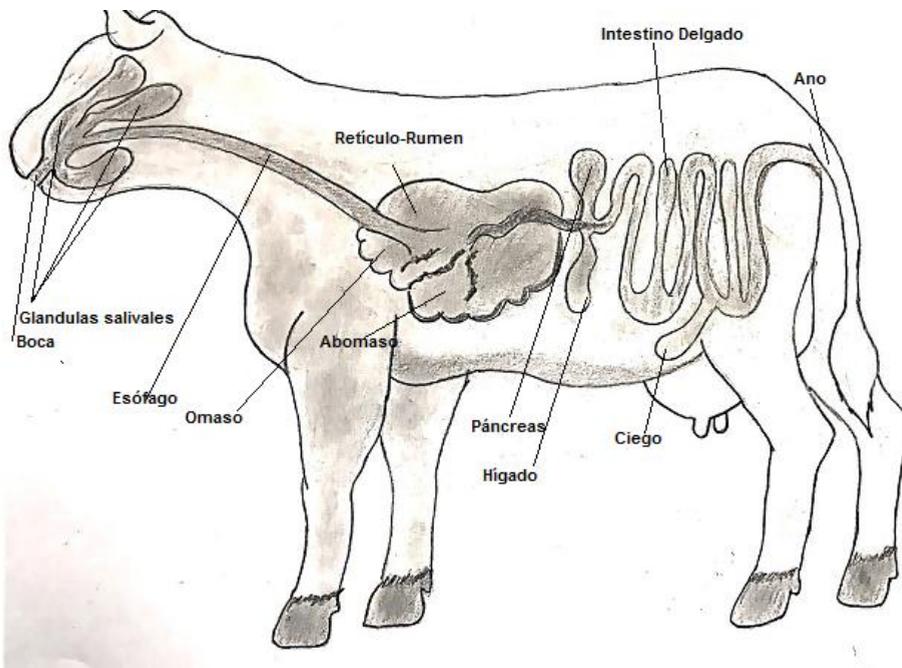


Figura # 7. Ubicación de las glándulas salivales.

2. PRODUCCIÓN DE OTRAS SUSTANCIAS (Secreción Gástrica)

Lipasa Gástrica

- Es segregado por las células principalmente del estómago siendo un componente del jugo gástrico
- Interviene en la digestión de las grasas, transformándolas en ácidos grasos
- Ausente en aves.

Renina

- Se encuentra en los animales jóvenes y lactantes.
- Produce la coagulación de la leche. Es necesaria porque si no se produce el coágulo, la leche, de manera rápida, pasará al intestino (se produce diarrea). Este paso debe ser lento para que la leche se pueda digerir y también para que se puedan captar los nutrientes.

¿Cómo se forma el coágulo? La caseína (presente en la leche), se transformará en paracaseína gracias a la acción de la renina. Luego la paracaseína se unirá al Ca (presente en la leche) y se formará el paracaseinato cálcico (que es el coágulo).

Factor Intrínseco

- Sustancia (proteína) que se produce en la célula parietal.
- Esta sustancia junto con el HCl interviene en la absorción (a nivel del intestino delgado) de B₁₂.
- Un déficit de factor intrínseco produce anemia.

Pepsinógeno (P)

- Proteína que se forma en la región gástrica.

- Es inactivo. Cuando se activa en la célula puede producir lisis celular.
- Su producción es vertida a la luz del estómago, es aquí que se combina con el CIH, este último desdobla al P, dando origen a una enzima proteolítica (protectora gástrica) *pepsina*, la cual se inactiva cuando el pH es por encima de 5).
 - ✓ *pH ideal:* 1.8/2.5
- El pepsinógeno unido a la pepsina y al HCl provocan la producción de más pepsina.

3. CONTROL DE LA SECRECIÓN GÁSTRICA

Control Cefálico: se produce por: Figura # 8

- Se produce un estímulo por la observación del alimento
- Estímulo por el olor percibido del alimento.
- Degustación del animal (masticación).
- Estómago vacío
- Estímulo a nivel del sistema nervioso central (fibras parasimpáticas) y con el SNE hay producción Ach, gastrina en pocas cantidades.

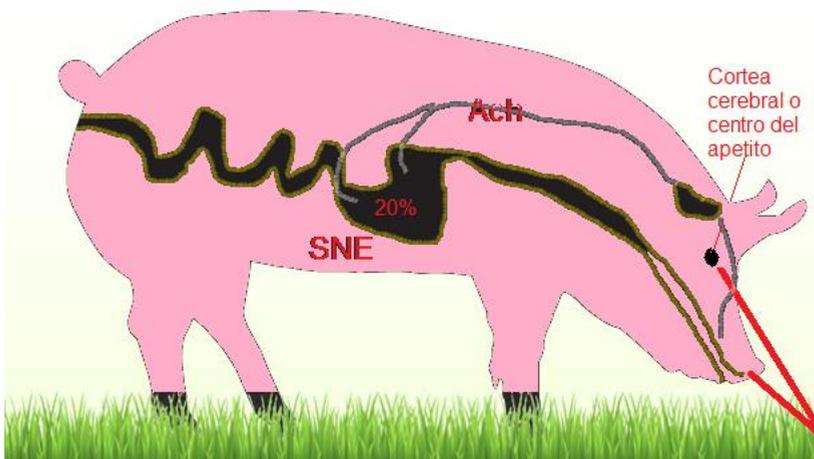


Figura # 8. Control cefálico

Control Gástrico: se produce: Figura # 9

- Cuando el alimento llega al estómago
- Por la distensión de las paredes del estómago, se provoca una estimulación en el nervio vago, SNE. Todas estas en conjunto estimulan a la producción de histamina, gastrina y Ach.

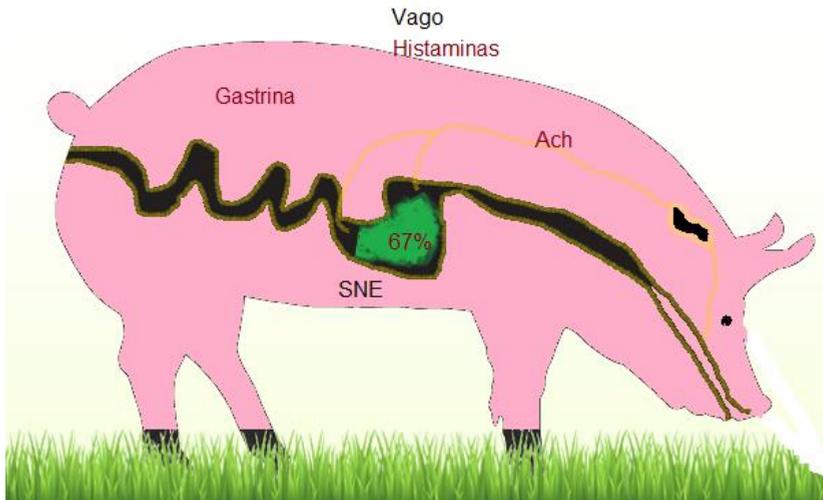


Figura # 9. Control Gástrico

Control Intestinal:

- En la primera porción del intestino delgado hay células que producen gastrina, incrementándose así los jugos gástricos.

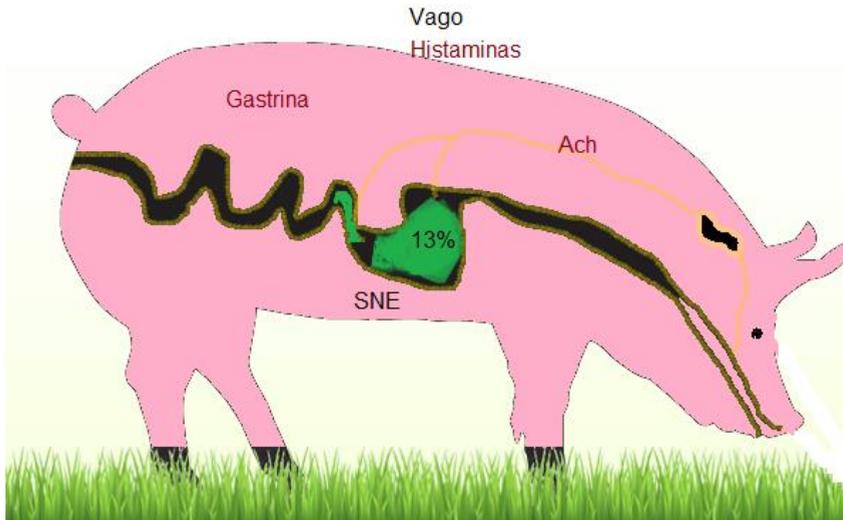


Figura # 10. Control Intestinal

4. JUGO GÁSTRICO

Características:

- Secreción amarillenta
- En carnívoros tiene un pH ácido, y en los herbívoros es ligeramente ácido
- En los animales jóvenes es menos ácidos que en los animales adultos.
 - ✓ Jóvenes: pH 5
 - ✓ Adultos: pH 1.8/2.5
- **Contenido:**
 - ✓ Agua
 - ✓ Sustancias orgánicas: células epiteliales, mucina, leucocitos, enzimas, proteínas, CIH.
 - ✓ Sustancias inorgánicas: Cl, Na, K, Mg, Fe, F.

PROPULSIÓN Y MEZCLADO DEL CONTENIDO GÁSTRICO

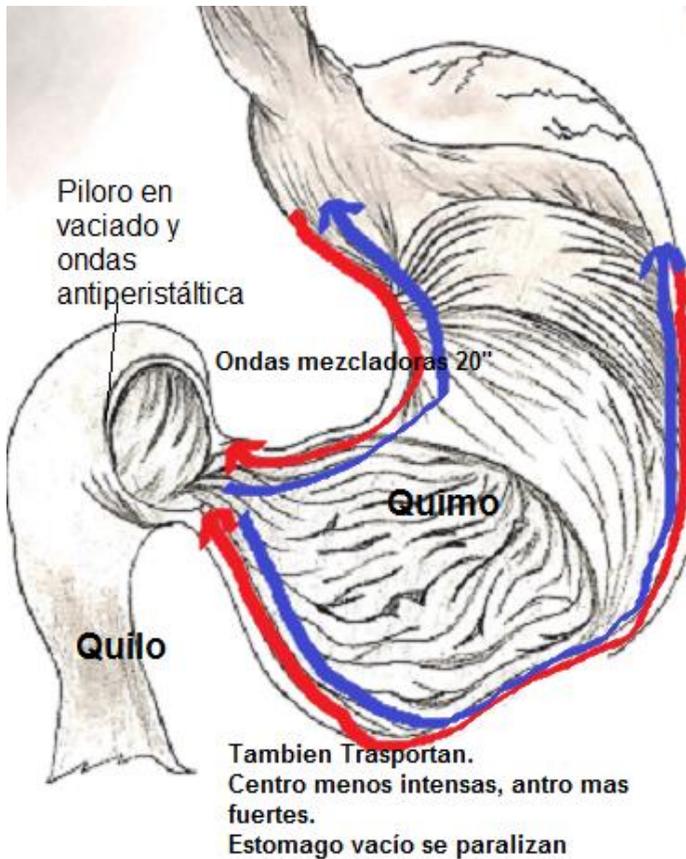


Figura # 11. Propulsión y mezclado del contenido gástrico

- Una vez que se produce el llenado del estómago, el contenido estimula a que se presenten ondas peristálticas que nacen en el cuerpo del estómago y tienen una dirección caudal. Estas ondas, son producto de la estimulación del SNE, vías parasimpáticas y Acetilcolina (Ach).(figura # 11).
- Las ondas son lentas; a medida que se va evacuando el estómago, la intensidad incrementa para lograr un vaciar por entero al estómago.

- El pH también interviene como estímulo en la propulsión gástrica.
- La primera porción del intestino delgado posee receptores, los cuales ayudarán a las células a secretar sustancias que también intervendrán en el movimiento gástrico y vacuidad del mismo.
- Cuando la ingesta ejerce una presión a nivel del antro pilórico, sucede que el esfínter pilórico se cierra para impedir que el alimento pase de una manera abrupta al intestino.
- Se suscitará una onda antiperistáltica, que va desde el píloro hacia el cuerpo del estómago, que logra que la ingesta retorne hacia el cuerpo del estómago, permitiendo así que el alimento pase de manera continua y es así como el estómago quedará evacuado por completo.
- Aunque el estómago se encuentre vacío, persistirán ondas muy lentas.
- Cuando el estómago está vacío por mucho tiempo se incrementan las ondas peristálticas, pero se experimenta otro tipo de sensaciones como hambre, las cuales son más fuertes en los animales jóvenes.
- Las ondas peristálticas que provocan la sensación de hambre, en ruminantes o herbívoros, son estimuladas por una baja de azúcar en la sangre.

El Hambre se produce por:

- Contracciones
- Cambios bioquímicos en sangre
- Estimulación del centro del hambre ubicado en el hipotálamo lateral.

5. SED

Permanentemente el organismo se encuentra perdiendo calor, agua. Cuando existe una pérdida del 5% del agua existente en el organismo, se estimula el centro de la sed (ubicado en el hipotálamo) provocando así el deseo de beber agua.

Características de un animal sediento

- La mucosa de la boca se encuentra reseca.
- Existe una disminución de la secreción salival.

FUNCIÓN MOTRIZ DE LOS POLIGÁSTRICOS

Cuando el rumen está en reposo, el contenido ruminal se dispone de la siguiente manera como lo muestra la figura # 12:

- **Gas:** ubicado en la parte más superior del saco dorsal producto de la fermentación de los hidratos de carbonos.
- **Zona sólida:** se encuentra por encima del saco craneal. Está conformada por pasto recién ingerido y por pasto que ya ha estado en el rumen; en la parte inferior de esta zona reposará el material más compacto y en vías de fermentación.
- **Zona de expulsión:** se encuentra a nivel del cardias; por su ubicación, en esta zona se va a dar la expulsión de gases mediante el proceso fisiológico que se llama eructo.
- **Zona pastosa:** zona donde encontramos contenido denso y también en vías de fermentación.
- **Zona de escape potencial:** es por esta zona donde el contenido ruminal será evacuado hacia el omasum, y seguirá su recorrido abomasum-intestino.
- **Zona líquida:** en esta zona encontraremos saliva, material digerido y agua.

El epitelio del rumen es escamoso estratificado.
La mucosa de la panza tiene forma de papilas que absorben los ácidos volátiles, el Cl, K, Na.
Las papilas se desarrollan por la actividad de ácidos volátiles que el rumen genere, a mayores ácidos volátiles mayor serán las papilas.

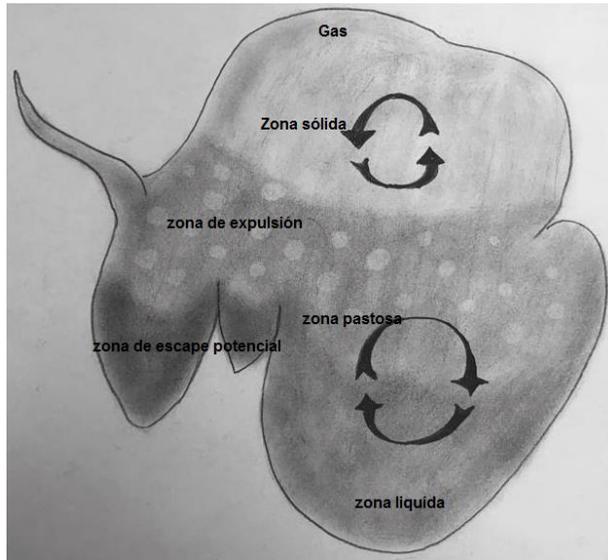


Figura # 12. Zonas de digestión del rumiante

PARTES CONSTITUTIVAS DEL ÁREA RETÍCULO-RUMINAL.

(Figura # 13)

- Surco reticular: en los animales jóvenes forma la gotera esofágica
- Pliegue retículo-ruminal: limita al retículo y al rumen
- Pilar coronario dorsal: limita al fondo caudo-dorsal.
- Saco craneal
- Saco dorsal: ubicado en la parte más superior del rumen
- Saco ventral: ubicado en la parte inferior del rumen, junto al retículo
- Fondo caudo-dorsal

- Fondo caudo-ventral
- Pilar longitudinal derecho: divide al rumen
- Pilar coronario ventral
- Pilar craneal
- Orificio retículo-omasal

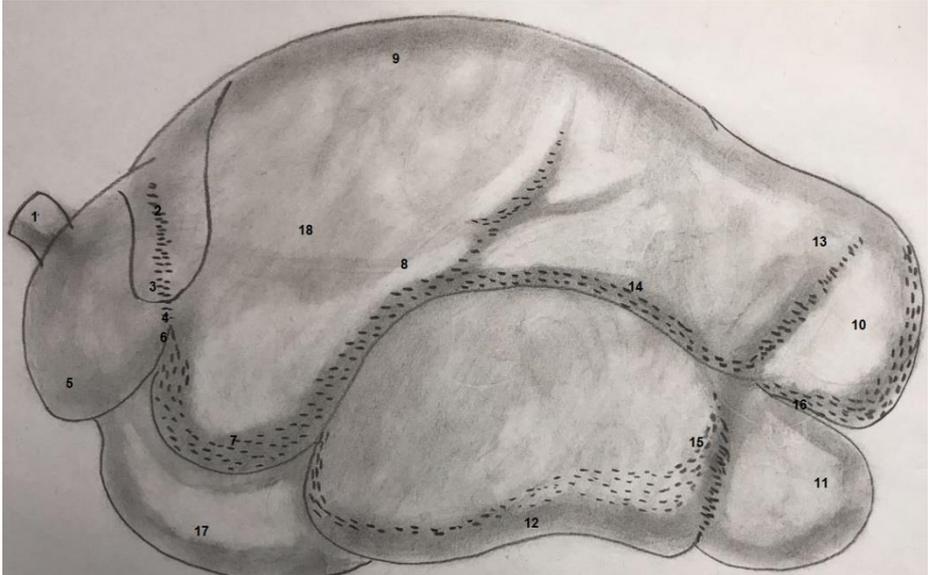


Figura # 13. Anatomía del Rumen (1=Esófago; 2=Cardias; 3=Surco reticular; 4=Orificio retículo omasal; 5=Reticulo; 6=pliegue reticuloruminal; 7=Saco craneal del rumen; 8=pilar craneal; 9=saco dorsal; 10=fondo caudo dorsal; 11=fondo caudo ventral; 12=saco ventral; 13=pilar coronario dorsal; 14=pilar longitudinal derecho; 15=pilar coronario ventral; 16=pilar caudal; 17=abomaso)

MOTILIDAD RETÍCULO-RUMINAL

Existen tres tipos de contracciones. Figura # 14

1. Contracciones de ciclo primario u ondas mezcladoras:

existen dos ondas: *Bifásica* y *Monofásica* duran en promedio de 20 segundos.

❖ **Onda bifásica:** denominada así porque en esta se ejerce dos ondas o contracciones.

- Primera onda reticular: el estómago inicialmente se encuentra en reposo, la onda se inicia en el pliegue retículo-

ruminal y se dirige hacia el retículo, contrayéndolo un poco y es aquí donde termina la primera onda.

- ***Segunda onda reticular:*** termina de comprimir por completo al retículo, que da la impresión como que si este desapareciera. Esta contracción al máximo del retículo logra que por presión se dilate el saco craneal. Esta onda se dirige hacia el saco dorsal, y aquí termina la segunda onda.

- ❖ ***Onda monofásica:*** esta se inicia en el pilar craneal, luego pasa al pliegue retículo ruminal y recorre todo el saco dorsal. Esta onda moviliza a la capa de gas hacia el fondo caudo-dorsal, logrando que la masa de gas se distribuya: parte se irá al pilar craneal, otra al fondo caudo ventral y finalmente habrá una parte del gas que será expulsado por el cardias.

Esta contracción continúa hacia el saco ventral, en dirección craneal. Luego la onda regresa al fondo caudo ventral y nuevamente retorna hacia el saco craneal. Es aquí donde se da por terminada la onda monofásica, la cual tiene por objeto mezclar el contenido ruminal y producir el vaciado del rumen.

2. **Contracciones de ciclo secundario o del eructo:** se inicia en el fondo caudo-ventral, gracias a una onda que persistió del ciclo primario. Esta se dirige en dirección craneal hacia el fondo caudo-dorsal, desplazando el gas hacia el cardias. Esta contracción permite evacuar los gases que se generan en el rumen producto de la fermentación.
3. **Contracciones propias de la rumia:** esta aparece sólo durante la rumia y también se la denomina *onda extrareticular* u *onda trifásica*. Esta aparece antes de la onda bifásica, pero tiene el mismo recorrido. La presión que ejerce la onda bifásica y la extrareticular provoca que el cardias se dilate permitiendo que el bolo de rumia retorne al esófago, acto que se llama *regurgitación*.

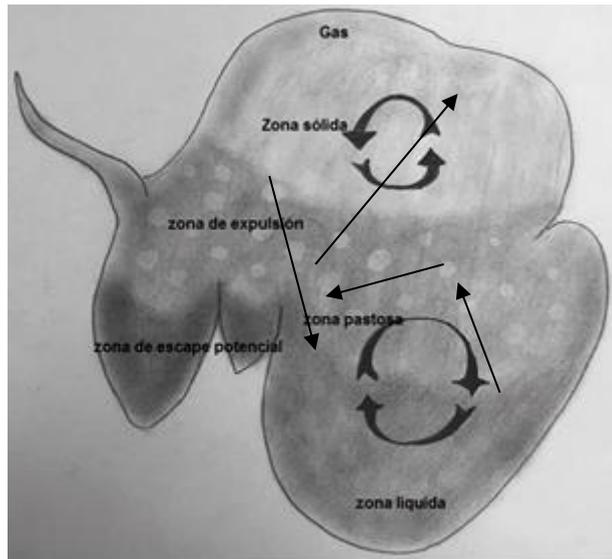


Figura # 14. Movimiento de los alimentos en el retículo rumen

FRECUENCIA DE LAS CONTRACCIONES

Las ondas se producen entre 20-40 segundos. Cuando el animal está ingiriendo alimento, la frecuencia y fuerza de las contracciones se duplican; cuando el animal deja de comer y se dispone a rumiar, las contracciones ocurrirán con la misma fuerza e intensidad que en la etapa de reposo.

OBJETIVO DE LAS CONTRACCIONES

- a. Mezclar el contenido ruminal
 - b. Vaciar el contenido ruminal
 - c. Participar en el proceso de la rumia.
 - d. Eliminación de gases
- a. **Mezclado:** el alimento pesado y cuerpos extraños se irán al fondo del retículo. Mientras que, el forraje mezclado con la

saliva se ubicará en la parte dorsal del saco craneal y el retículo. Este contenido es llevado por las contracciones bifásicas hacia la parte posterior del rumen y la onda monofásica se encargará de seguir mezclando con la capa pastosa.

- b. Paso del contenido ruminal al omaso (*vaciado del contenido ruminal*):** gracias a la onda monofásica, el contenido que se encuentra en el saco ventral es llevado hacia el *agujero retículo-omasal*. Este vaciado también es ayudado por el inicio de la onda bifásica.
- c. Rumia:** Un tercio de la vida lo dedica a la rumia que es un fenómeno fisiológico característico de los poligástricos. Se ha estimado que este proceso dura un promedio de 8 horas, claro está, que este tiempo dependerá del tipo de alimento que haya consumido el animal, estas son estimuladas por la fibras que ingresan
- Forraje muy fibroso: más tiempo de rumia
 - Granos: dependerá del tamaño de la partícula. Las partículas deben tener un tamaño promedio de 5mm más o menos tres horas estas son digeridas más rápidos porque tienen hidratos de carbonos y las bacterias las consumen más rápido.

La rumia es una señal de que el animal se encuentra en un buen estado de salud, ya que está utilizando el compartimiento más importante para la digestión de los alimentos, como lo es el rumen. La rumia comprende:

Regurgitación: consiste en el ascenso del bolo de la rumia hacia la cavidad bucal, gracias a la onda extrareticular.

1. **Esfuerzo inspiratorio:** La regurgitación empieza con una inspiración profunda, durante este proceso el animal levanta la lengua hacia el techo de la boca, cerrando la cavidad bucal (no hay comunicación con el medio externo). El paladar blando se dirige hacia el techo de la laringe, cerrando así las vías respiratorias superiores).
2. **Contracciones trifásicas:** Todo el bloqueo que ocurre a esta altura, logra una presión negativa a nivel de tórax y gracias a la onda trifásica el bolo de la rumia dilata el cardias (por presión). Luego el bolo se traslada, gracias a una onda antiperistáltica, por el esófago.
3. **Cierre de la glotis.** Antes de llegar a la boca, a la altura de la laringe. la epiglotis se cierra,
4. **El animal baja la lengua** y el maxilar descienden.
5. **Extiende la cabeza** y recibe el bolo de la rumia.

Remasticación: el bolo de la rumia contiene material líquido y sólido.

El animal levanta la lengua hacia el techo de la boca y separa la parte líquida de la sólida. Lo líquido lo traga inmediatamente, mientras que la parte sólida la volverá a masticar, de manera que dé como resultado partículas pequeñas. Este proceso dura aproximadamente 40 segundos.

Función de la remasticación

- Reducir el tamaño de las partículas
- Aumentar el área de acceso para los microorganismos del rumen

- Aumentar la densidad, ya que gracias a la remasticación se eliminan gases.
- Incrementa la probabilidad del paso al omaso.

Reinsalivación: se produce en conjunto con la remasticación. Durante la rumia la secreción salival se incrementa de 3-5 veces más que durante el proceso de ingestión de alimentos.

Redeglución: aproximadamente de 0-40 segundos el animal deglute lo que ha remasticado. Cuando el animal termina de deglutir deja de mover su mandíbula y luego se reanuda el proceso. Esto tiene un intervalo de 5 segundos para iniciar un nuevo proceso.

El control nervioso de la rumia se atribuye a que los centros de la rumia están ubicados en el hipotálamo. El estímulo se produce en el cardias y en los pilares craneales y retículo ruminal donde se encuentra la mayoría de los receptores. El estímulo es producido de forma mecánica y están asociados con las partículas ingeridas.

Seudo-rumia: en el momento de la regurgitación, si las partículas son mayores a 300 mm no podrán pasar por el cardias, solo logrará llegar a la cavidad bucal una parte líquida, a esto se lo conoce como pseudo-rumia, esto se puede prolongar unas 12 horas.

d. Eliminación de gases

- Existen bacterias aeróbicas que van a desdoblar el alimento recién consumido para así liberar gases. La capa superior del rumen es la que más gases eliminará.
- La onda bifásica provoca que la capa pastosa se agriete permitiendo la salida de gas, el cual será expulsado por las contracciones del eructo.

DIGESTIÓN DEL RUMIANTE JOVEN

Fases de la digestión:

1. Recién nacido: se lo considera así hasta las primeras 24 horas.
La conformación del proventrículo es la siguiente:
 - 8%: omaso
 - 31%: rumen-retículo
 - 69%: abomaso

Consideraciones de esta fase:

- Al animal se lo considera monogástrico, debido a la conformación del proventrículo.
Se alimentará exclusivamente de calostro (A, D, E, Ca, inmunoglobulinas o anticuerpos). La inmunidad pasiva la recibe de la madre cuando crea defensas para los agentes infectantes.
 - Durante esta fase no hay digestión gástrica.
 - No hay producción de CIH ni de pepsinógeno, con la finalidad de aprovechar las inmunoglobulinas por lo tanto no hay digestión gástrica.
 - El pico máximo de aprovechamiento de calostro está dentro de las primeras 5 horas donde se produce la máxima protección inmunidad. El calostro tiene el factor antitripsina para proteger a la inmunidad de las enzimas intestinales.
2. Pre-rumiante: duración promedio de 10 días.
Consideraciones de esta fase:
 - Se inicia el crecimiento del retículo-rumen. El estómago es de menor tamaño en comparación a la fase anterior.
 - La alimentación es exclusivamente de leche, pero es recomendable comenzar a suministrar alimento sólido para que se estimule el crecimiento del retículo-rumen o sea de sus papilas.

- El ternero, durante la lactancia, secretará abundante saliva la cual es rica en una enzima llamada esterasa pregástrica actuando en los lípidos presentes en la leche, la cual ayudará en el proceso de la digestión.
 - El acto de mamar y el seguido paso de la leche por la faringe, envía un estímulo o mensaje al SNC y por vía parasimpática se dará el cierre del surco esofágico, produciendo un tubo. Este proceso tiene la finalidad de que la leche ingerida pase directamente al omaso y posteriormente al estómago glandular (abomaso), donde se producirá recién la digestión de la leche.
 - Existe la presencia de CIH, lipasa en leche, renina o quimosina (que intervienen en la coagulación de la leche).
3. Transición: de 3 a 8 semanas

Consideraciones de esta fase:

- El retículo-rumen aumenta de tamaño.
 - La alimentación sigue siendo leche, pero se incrementa la ingesta de forraje, lo cual permite al rumiante adquirir los microorganismos del rumen.
 - Se produce el desarrollo de las glándulas salivales.
 - Gracias al consumo de pasto y a la actividad ruminal se produce la formación de AGV (ácidos grasos volátiles), por lo tanto, ya habrá contracciones ruminales y rudimentos de rumia.
 - Al final de esta fase se puede considerar al animal joven como un rumiante.
4. Pre y pos destete: mayor de 8 semanas

Consideraciones de esta fase:

- El consumo de leche disminuye, aumenta la ingesta de forraje

- Hay producción de pepsinógeno, AGV (ácidos grasos volátiles).
- Mayor actividad ruminal.

Desarrollo del estómago			
Edad	Abomaso	Omaso	Retículo
Al nacimiento	61%	8%	31%
2 semanas	59%	5%	36%
7 semanas	24%	4%	72%
4 meses	21%	6%	73%

FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE LA DIGESTIÓN

Procesos mecánicos:

- Aprehensión
- Masticación
- Deglución
- Motilidad gástrica
- Onda extrareticular
- Motilidad intestinal
- Defecación

Procesos químicos y microbiológicos: hay presencia de:

- **Enzimas:** producidas por los protozoarios, este le da la capacidad de digerir los hidratos de carbono de enlaces, celulosas y lignina.
- **Bacterias, protozoarios, hongos:** se encargan de la digestión de los alimentos digeridos.

Producción de ácidos: los microorganismos producen:

- AGV
- Ácido propiónico.
- Ácido acético
- Ácido butírico.

Producción de gases: los microorganismos producen:

- Metano
- CO₂
- Amoniaco

Los microorganismos también aportan con células microbianas, las cuales representan la principal fuente proteica.

VENTAJAS DE LA DIGESTIÓN DE UN RUMIANTE

El rumiante, por su peculiar digestión tiene la ventaja (en relación a otros animales), que las bacterias se convierten en proteína microbiana, las cuales fluyen por todo el tracto digestivo. Por lo consecuente el animal mejora la calidad proteica del alimento.

El rumen es la principal fuente proteica de los rumiantes, este potencializa la calidad de su dieta

La fermentación favorece a la rumia porque produce una mayor degradación de las partículas.

Debido a que el alimento permanece más tiempo en el tracto digestivo, el rumen se encargará de desdoblar el alimento.

Eliminación de gran cantidad de gases. Producción promedio de 30-50 litros/hora (animales grandes), estos gases se eliminarán durante proceso fisiológico denominado eructo.

Gases que se eliminan	
Dióxido de Carbono	60-70%
Metano	30-40%
Oxígeno	0.6%
Nitrógeno	7%
Hidrógeno	0.6%

- Almacenamiento de saliva: el rumiante mantiene un ambiente ecológico adecuado, con su saliva, para la vida de los microorganismos.

La conservación de saliva en el rumen, es la que mantiene el pH adecuado en este proventrículo.

- En el rumen hay reciclaje de Cl y Na, los cuales van a intervenir en la degradación de los AGV.
- Detoxificación de los alimentos: las bacterias degradan las toxinas que llegan al rumen y las transforman en nutrientes.
- Nutrición: el alimento, en un 70% es digerido, absorbido y desdoblado en el rumen. Mientras que el otro 30% seguirá su proceso de digestión en el transcurso de los otros proventrículos y en el intestino.

La absorción de los AGV es gracias a las papilas ruminales.

ACCIÓN DE LAS BACTERIAS

- Fermentación de los hidratos de carbono (CHO)
- Digieren y sintetizan proteínas.
- Sintetizan vitaminas del complejo B

Un animal, con déficit de sintetización de complejo B, es necesario suministrarle Co (Cobalto).

ACCIÓN DE LOS PROTOZOARIOS

- Controlan la población bacteriana
- Ingieren partículas de alimentos, especialmente CHO
- Tienen la particularidad de almacenar CHO, los cuales serán liberados cuando el protozoario muera.

ACCIÓN DE LOS HONGOS

- Se encargan de la digestión de la pared celular
- En el rumen no hay enzimas orgánicas, sino enzimas producidas por los microorganismos, especialmente por las bacterias.

DIGESTIÓN DE LOS CHO (en el rumen)

Existen dos tipos de CHO

Los de fácil disponibilidad:

Constituidos por enlace alfa. Conocida también como *dextrina*.

Los encontramos en el polvillo, maíz, etc.

- Las enzimas de las bacterias, *amilasa*, actúan sobre los CHO y los transforman en *maltosa* e *isomaltosa*.
- Luego otras enzimas, *maltasa* y *maltasa fosforilasa*, transforman a la maltosa en *glucosa 1-fosfato*, el cual es el complejo mínimo de aprovechamiento de los CHO

Los de difícil disponibilidad:

Constituidos por enlace beta. Se encuentran en el forraje: celulosa y hemicelulosa. Estos CHO necesitan de fermentación para poder ser degradados.

La *celulosa* es atacada por α -1,4 *glucosidasa*, y la transforma en *celobiosa*.

Otra enzima, *fosforilasa*, actúa sobre la *celobiosa* transformándola en *glucosa 1-fosfato*.

La ***glucosa 1-fosfato***, no es aprovechada por el animal sino por la microflora. Esta microflora se alimenta de *glucosa 1-fosfato*, y elabora: Ácidos Grasos Volátiles AGV, Dióxido de carbono Co₂, Metano CH₄ y calor, y son todos estos productos los que sí podrán ser aprovechados por el animal.

El destino final los azúcares, las paredes del rumen no secretan solo absorben. Los microorganismos ingieren la glucosa y generan los AGV,

AGV: Acético, Propiónico, Butírico, Succinico, Láctico, Valérico, Isobutrónico e Isovalérico.
--

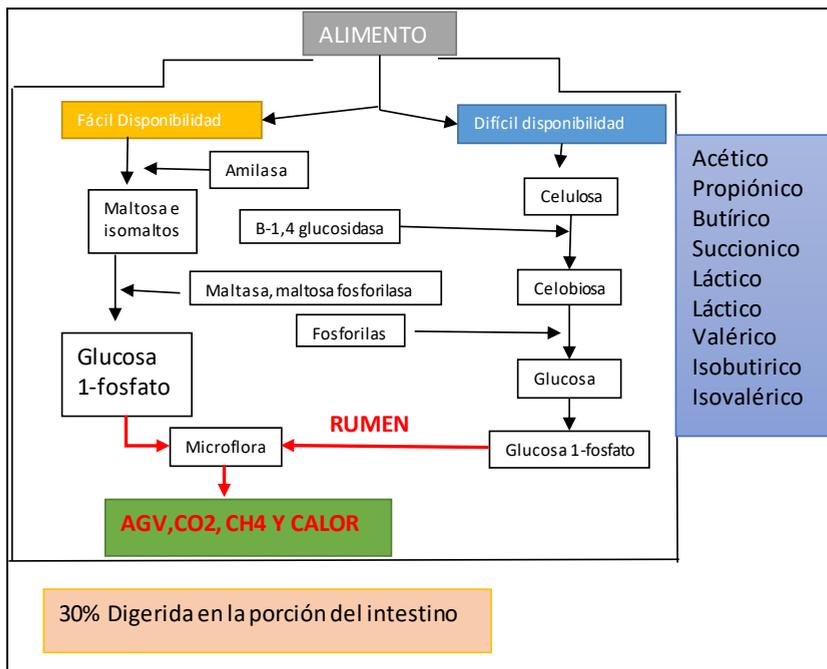


Figura # 15. Digestión del CHO

DIGESTIÓN DE LAS PROTEÍNAS

Existen dos tipos de proteínas:

Proteína verdadera o pasante:

Las proteínas pasantes son las que en gran medida escapan de la acción de los microorganismos del rumen y pasan al intestino donde son aprovechadas por las enzimas que allí se producen.

Es la que se encuentra en el alimento (polipéptidos). La mayor parte de esta proteína no se queda en el rumen (de ahí su nombre pasante) sino que pasa de manera inmediata al abomaso y son digeridas en la porción inferior del intestino. Pero existe una pequeña parte de esta proteína que se queda en rumen, y esta pasa por el siguiente proceso:

- Las bacterias las digieren y las transforman en péptidos pequeños, estos se desdoblan en aminoácidos. Este aminoácido existente sirve como alimento de los microorganismos y son transformados en proteína microbiana.

Proteína proveniente del nitrógeno no proteico:

Se transforma en amoníaco y se absorben por la pared ruminal y por vía sanguínea llega al hígado. Aquí se transformará en urea, parte de esta urea llegará a las glándulas salivales y se reciclará. Otra porción de urea, producida en el hígado, pasará por los capilares sanguíneos y retornará al rumen. Existe una fracción de urea, también elaborada por el hígado, que llegará hasta los riñones y se excretará por la orina.

Las bacterias para poder consumir los nitrógenos no proteicos necesitan un mecanismo de adaptación para efecto de evitar o generar el amonio o la intoxicación.

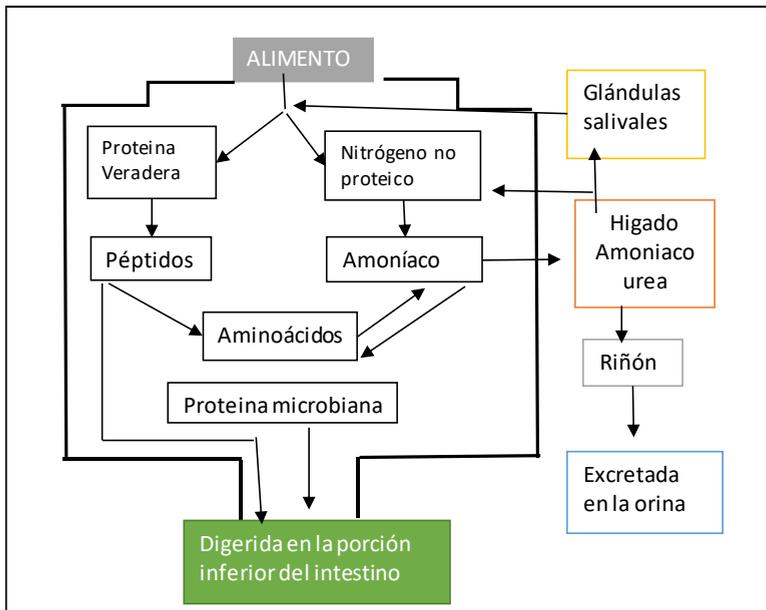


Figura # 16. Digestión de las proteínas

Proteína de alto valor biológico

Los microorganismos del rumen consumen los aminoácidos de las proteínas ingeridas en los alimentos, se dice que es necesario que la dieta tenga como mínimo un 7 % de proteína para mantener la vida de la flora bacteriana. Las bacterias, después de cumplir su ciclo, sus células pasan al abomaso, donde son aprovechadas como proteínas de alto valor biológico debido a que su digestibilidad es levada y que están estructuradas por aminoácidos esenciales.

DIGESTIÓN DE LOS LÍPIDOS

Las bacterias transforman a las grasas en *ácidos grasos* y en *glicerol*. De un 5-7% pueden estar acompañados de grasas.

- La mejor dieta para un rumiante debe ser baja en grasa, ya que estos no la toleran.
- El exceso de grasa en el organismo de un rumiante afecta a la ecología del rumen.

SÍNTESIS DE LAS VITAMINAS

Las dietas ricas en CHO, de fácil disponibilidad, disminuyen la síntesis de complejo B. Debido a que los CHO, bajan en pH ruminal.

Para la síntesis del complejo B se necesita cobalto.

DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DEL INTESTINO DELGADO

Dependiendo de la especie, la longitud del intestino variará:

- **Bovinos:** 40m

- **Equinos:** 22m
- **Cerdo:** 15-20m
- **Caninos:** 4m

Superficie de digestión y absorción

La mucosa intestinal realiza la función de absorción y digestión. El intestino presenta una forma cilíndrica, en el caso de que sus paredes internas (mucosa) fueran planas la longitud sería de 12.58m². Pero esta no es la condición que se cumple, ya que la mucosa presenta otras estructuras que hacen aumentar la superficie de absorción.

En la mucosa intestinal encontramos las siguientes estructuras:

- ✓ Pliegues de Kerkring: también llamadas *válvulas convenientes*. Aumento x3, de la superficie de absorción.
- ✓ Vellosidades: se encuentran sobre los pliegues. Aumento x10, de la superficie de absorción.
- ✓ Constitución:
 - ✓ Membrana basal
 - ✓ Borde de cepillo
 - ✓ Conducto lácteo: por donde ingresarán la linfa y los principios nutritivos.
 - ✓ Arterias, venas, capilares.
- ✓ Microvellosidades: se encuentran en las vellosidades. Aumento x600, de la superficie de absorción.
- ✓ Constitución:

Vasos sanguíneos	LÁMINA PROPIA
Vasos linfáticos	
Nervios	
Músculo liso	
Tejido conectivo	
Linfocitos	
Células plasmáticas	
Eosinófilos	

Longitud (mucosa intestinal): 7548m²

Digestión en el Intestino Delgado

Está dividido en dos fases:

Digestión Luminal o fase pancreática: se produce en la luz del intestino. Esta se lleva a cabo por enzimas provenientes del páncreas y el hígado (bilis). A este nivel no habrá absorción debido a que los principios nutritivos, son desdoblados, pero no hasta su unidad más simple.

Digestión Mucosa: los principios nutritivos se ponen en contacto con la mucosa, específicamente con las microvellosidades por la actividad motriz del intestino.

Estas microvellosidades están constituidas por células de distinto tipo, entre ellas encontramos a las secretoras llamadas *enterocromafines* o *enteroendócrinas*. Estas células producen enzimas que desdoblarán hasta las porciones más simples a los principios nutritivos, de esta manera podrán ser absorbidos por la mucosa intestinal.

El intestino posee un pH alcalino

Las microvellosidades también poseen otras células

- **Células de absorción:** su función será absorber, llevar los nutrientes a la linfa con mayor proporción.
- **Células caliciformes:** producen o elaboran moco, el cual tendrá la función de proteger a la mucosa intestinal de la acción de los jugos gástricos ácido del quimo.
- **Células enteroendócrinas:** producen enzimas que sintetizan proteínas y producen hormonas enteroquinasa.

- **Células de Paneth:** son muy importantes en los rumiantes. Estas células producen una enzima, *lisozima*, la cual interviene en el desdoblamiento de las paredes microbianas.
- **Células indiferenciadas:** son formadoras de otros tipos de células. Son aquellas que a partir de la cual se forman las otras células que reemplazan a las células que ya han terminado sus funciones, estas se encuentran en la base de la cripta de las vellosidades.

SECRECIÓN DEL INTESTINO DELGADO

Glándulas de Brunner.

Se encuentran en las criptas (entre las vellosidades). Estas glándulas se encuentran en la porción entre el *píloro* y el *esfínter de Oddi* (por aquí se secreta la bilis y el jugo pancreático).

Estas glándulas son estimuladas por el ingreso del quimo ácido al intestino delgado, y comenzarán a producir moco. Este moco tiene la función de proteger a la mucosa de la acción ácida del quimo.

Jugo Duodenal o Jugo Entérico

Se produce en las *glándulas de Lieberkuhn*, estas se encuentran en la base de las criptas de las vellosidades. Tiene un pH alcalino (7.5/8). Este jugo es estimulado por la presencia de Cl en el quilo. La función del jugo duodenal es contribuir en la creación de un ambiente adecuado para un buen funcionamiento de las enzimas pancreáticas, las cuales se activan en un pH alcalino.

Bilis

Interviene en la digestión. Es producida en los hepatocitos (hígado), a través de los canalículos biliares llega hacia la vesícula biliar y se recicla, condición que se cumple en la mayoría de las especies excepto en el caballo por no poseer vesícula biliar.

Para que la bilis salga de la vesícula biliar hacia el duodeno, a través del conducto biliar, deberá existir una estimulación que se dará por la ingesta. La bilis contiene:

- ✓ Sales: sódicas y potásicas. Estas sales intervienen en: la emulsificación de las grasas y la activación de la *lipasa pancreática*.
- ✓ Ácidos Biliares: entre los más importantes tenemos al *ácido glicocólico* y *taurocólico*, estos intervienen en la saponificación de las grasas.
- ✓ Pigmentos Biliares: bilirrubina y biliverdina no participan en la digestión pero dan coloración a las heces.
- ✓ Colesterol: compuestos de lípidos que forman parte de la bilis y su función es formar parte de las paredes de las células por eso este se reabsorbe, se recicla en otras funciones.
- ✓ Mucina y carbonatos: contribuye a proteger al intestino y a incrementar el pH.
- **Jugo Pancreático**: producido en los acinos pancreáticos. Para que este jugo se libere del páncreas, es necesario que sea estimulado por la acción ácida del quimo. El quimo estimula a las células enteroendócrinas para que produzcan *secretina* y esta, por vía endócrina verdadera, estimula al páncreas para que produzca la primera porción del jugo pancreático rica en carbonato.

Esta primera porción es rica en carbonatos, la misma que tiene un pH alcalino lo cual ayudará a mantener un ambiente adecuado para la activación o funcionamiento de las enzimas pancreáticas. El quimo contiene péptidos, los cuales estimulan a otras células secretoras del intestino para que se produzca más enzimas, la *pancreozimina*. Esta llega a los acinos pancreáticos y los estimula a producir la segunda porción de jugo pancreático, el cual es rico en pre-enzimas y enzimas.

Enzimas que posee el jugo pancreático: Actúan en la luz intestinal de enlaces α

- ✓ *α -amilasa:* desdobra los CHO de fácil disponibilidad
- ✓ *Lipasa:* es activada por las sales biliares y actúa sobre las grasas.
- ✓ *Lecitinasas:* actúa sobre la lecitina son de dos tipos:
 1. *Lecitinasasa A:* actúa sobre la lecitina y la convierte en: un ácido graso, *lisolecitina*, y en un radical B-hidroxilo.
 2. *Lecitinasasa B:* actúa sobre la lisolecitina y la transforma en un ácido graso y glicerol fosfocolina.
- ✓ *Nucleosidasas:* actúa sobre las bases nitrogenadas de las ribosas y desoxirribosas.

Pro-enzimas que contiene el jugo pancreático:

- ✓ *Tripsinógeno*
- ✓ *Quimotripsinógeno*
- ✓ *Procarboxipeptidasa*

Estas pro-enzimas son inactivas en el páncreas y se activan en el ambiente alcalino (pH 7-9) que existe en el intestino delgado.

¿CÓMO SE ACTIVAN LAS PRO-ENZIMAS?

Todas las pro-enzimas ingresarán por el agujero de Oddi, y experimentarán el siguiente proceso:

- ***Tripsinógeno:*** el quilo estimula a las células enteroendócrinas a que se produzca una enzima, la *enteroquinasa*. Esta enzima activa solo al tripsinógeno y lo convierte en *tripsina* (endopeptidasa) actúan en la parte central de las cadenas proteicas. La tripsina actúa sobre el tripsinógeno y lo convierte en más tripsina (es proteolítica, si esta se activa en el páncreas lo destruiría), efecto que se conoce como *acción catalítica*.
- ***Quimotripsinógeno:*** esta enzima es activada por la acción de la tripsina y se forma la tripsina activa que es la quimotripsina. (actúa sobre los radicales aromáticos)

- **Procarboxipeptidasa:** también es activada por la acción de la tripsina y lo convierte en una enzima activa, *carboxipeptidasa* o *exopeptidasa* (actúa sobre los enlaces externos de las proteínas) radicales amidas de las proteínas.

DIGESTIÓN DE LOS CHO (monogástricos)

Llega la dextrina (almidón) al lumen intestinal, y es atacado por la acción de la α -amilasa y la transforma en oligosacáridos tales como α -dextrina, maltotriosa y maltosa.

También hay presentes dos principios nutritivos como sacarosa y lactosa, estos se pondrán en contacto con enzimas que se encuentran en el borde del cepillo. Estas enzimas desdoblarán a estos principios nutritivos parcialmente digeridos en:

- ✓ **α -dextrinasas:** actúa sobre las α -dextrinas y las transforma en glucosa.
- ✓ **Maltasa:** actúa sobre la maltotriosa y maltosa y las transforma en glucosa.
- ✓ **Sacarasa:** transforma a la sacarosa en glucosa y fructosa.
- ✓ **Lactasa:** transforma a la lactosa en galactosa y glucosa.

Una vez transformados los principios nutritivos en su unidad más simple, se absorben y pasarán al citoplasma de la célula para finalmente ser asimilados en la vena o sistema porta y al torrente sanguíneo.

En esta fase no se puede absorber los principios nutritivos solo se prepara fuera la digestión primaria del CHO. Figura # 17.

Absorción de los CHO

Existen dos mecanismos llamados el transporte activo y el mecanismo de difusión.

- **Glucosa y Galactosa:** para que se absorban requieren de la presencia de Na que está en la dieta y también participan proteínas que son sintetizadas por las células absorbentes.

Las células absorbentes de las vellosidades poseen proteínas las cuales se acercarán hacia el borde de cepillo. Las proteínas poseen receptores tanto para el sodio como para la glucosa y la galactosa.

Por una diferencia de concentración de Na, entre la célula y el lumen, la proteína logra dirigirse hacia el citoplasma. Es en el citoplasma, donde la glucosa y la galactosa se desprenderán de la proteína debido al ATPasa este actúa cuando la proteína está en contacto con la pared intestinal. A este tipo de transporte se lo conoce como *Transporte Activo*.

- **Fructosa:** por la diferencia de concentración de fructosa entre la célula y el lumen intestinal (mayor en el lumen), la fructosa ingresará a la célula, y se transportará hacia el citoplasma y finalmente hacia el sistema porta. A este tipo de transporte se lo llama *Transporte por difusión* aquí también el ATPasa lo lleva al torrente sanguíneo.

DIGESTIÓN DE LAS PROTEÍNAS (monogástricos)

La secreción de las enteroquinasas es importante en este proceso. Las endopeptidasas actúan sobre las proteínas y las transforman en péptidos. Las exopeptidasas actúan sobre los péptidos y los separan en aminoácidos pequeños y péptidos pequeños (no más de 6 aminoácidos), estos últimos no podrán ser absorbidos. En el

borde de cepillo encontramos oligopeptidasas que actúan sobre los péptidos pequeños y los transforma en aminoácidos y en péptidos más pequeños que los anteriores (no más de 3 aminoácidos). En el citoplasma también existen oligopeptidasas que transformarán a los péptidos pequeños, de 3 aminoácidos, en aminoácidos y péptidos más pequeños que los dos anteriores. Todo este último desdoblamiento podrá ser absorbido y asimilado en el sistema porta.

Absorción de las proteínas:

- ***Aminoácidos neutros y aminoácidos básicos:*** el tipo de transporte es el *ACTIVO* (proteína y sodio). Existen proteínas con receptores específicos para los aminoácidos neutros y los aminoácidos básicos.

DIGESTIÓN DE LOS LÍPIDOS (monogástricos)

La mayoría de los alimentos contienen grasas, que dentro del organismo las encontramos en forma de triglicéridos.

Los triglicéridos, se transforman en glóbulos grasos, estos al pasar al intestino son atacados por las sales biliares, proceso que se conoce como saponificación de las grasas, y son transformados en glóbulos grasos más pequeños. Sobre la superficie de estos glóbulos grasos pequeños, actúa la *lipasa pancreática*, produciendo que de esta superficie se desprendan: un monoglicérido y dos ácidos grasos libres.

La acción de los ácidos biliares emulsionará a monoglicérido y a los ácidos grasos libres para formar unas pequeñas porciones de grasas llamadas *micelas*. Estas micelas se pondrán en contacto con el borde de cepillo, ingresarán a la célula y es aquí donde se desacoplará la micela, liberando por separado al monoglicérido y a los ácidos grasos. Estos se unirán a: un *fosfolípido*, al *colesterol*,

y a una *proteína*. La unión de todos estos elementos dará origen a una estructura más pequeña que la micela y se denominará *Quilomicrón*, es de esta manera que las grasas serán absorbidas y asimiladas finalmente al sistema porta.

DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN EN EL INTESTINO GRUESO

En el intestino grueso se lleva a cabo la digestión microbiana. A este nivel no existe la presencia de enzimas endócrinas sino de enzimas bacterianas. Aquí llegan las proteínas y los CHO, el producto final de estos principios nutritivos son los AGV (protónico, butírico, acético).

- La digestión a este nivel varía según la especie:

Carnívoros: la digestión en el intestino grueso carece de importancia, debido a que la digestión se completa en el intestino delgado.

Omnívoros y Herbívoros monogástricos: la digestión en el intestino grueso es importante debido a la ingesta de forraje.

Rumiante: aproximadamente el 30% del contenido ruminal sale sin ser digerido y la digestión se completa en el intestino grueso quien es el principal saco de fermentación.

- ***Carbonatos:*** principal fuente de neutralización del pH intestinal en los animales herbívoros, son producidos por el quilo
- ***Fosfatos:*** principal fuente de neutralización del pH intestinal en los animales carnívoros.

DIGESTIÓN DE CHO (Intestino Grueso)

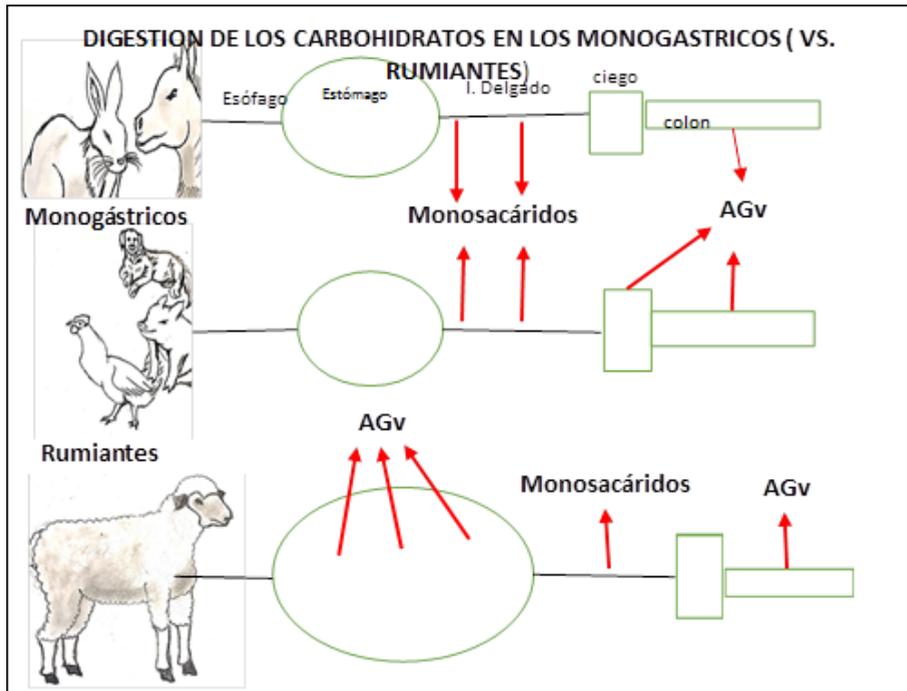
Herbívoros Monogástricos: como el caballo, cuando se alimenta de CHO de fácil disponibilidad, ocurre que la digestión se cumple en un 90% en el intestino delgado. El otro 10% que llega al intestino grueso es atacado por las enzimas bacterianas, proceso similar que ocurre en el rumen.

Si al animal se le proporciona una dieta que contiene: CHO, proteína y fibras (contenidas en el pasto), se producirá el paso rápido de la ingesta por el intestino delgado, habiendo un aprovechamiento de nutrientes del 40-60%, posteriormente pasará al intestino grueso donde se producirá una absorción a asimilación del 60-90%.

Los CHO de difícil disponibilidad son digeridos o asimilados tal como sucede en el rumen: se obtiene *glucosa 1-fosfato*, este es consumido por las bacterias, las bacterias como producto de desecho producirán AGV, los cuales son absorbidos por la membrana intestinal y a partir de estos se alimenta el animal para cumplir su metabolismo. (Figura # 17).

La presencia de AGV provoca que el pH del medio intestinal descienda, por lo tanto deberá haber un mecanismo que neutralice esta condición. El pH será regulado por la presencia de carbonatos y fosfatos.

Las enzimas pancreáticas, ricas en carbonatos, llegan junto con el contenido intestinal al intestino grueso, esta presencia de carbonatos neutralizará el medio. Además, el íleon también secretará carbonatos para ayudar a neutralizar el ambiente intestinal es el más importante lo regula en mayor proporción en los herbívoros y en los carnívoros son los fosfatos y este ingresa con el alimento pero también aparece con la bilis y el páncreas.



Figura# 17. Digestión de los carbohidratos

DIGESTIÓN DE LAS PROTEÍNAS (Intestino Grueso)

Este proceso ocurre de la misma manera que ocurre en el rumen, con las siguientes diferencias:

1. Las bacterias que aquí se encuentran no saldrán de este lugar.
2. El amoníaco presente será utilizado por las bacterias para su supervivencia. La urea proviene del hígado en caso de los poligástricos.

Por vía sanguínea llega urea, proveniente del hígado, al intestino grueso. Los microorganismos aquí presentes, gracias a la acción de la *ureasa* desdoblarán a la urea y la transformarán en

amoníaco. Parte de este amoniaco será aprovechado por los microorganismos para su supervivencia y su crecimiento; producen proteínas microbianas y otra parte retornará por vía sanguínea al hígado para ser transformada en urea.

La proteína a este nivel no presenta ningún beneficio para el animal.

La mayor parte de la digestión de proteínas se produce a nivel del ciego y colon.

IMPORTANCIA DE LA MOTILIDAD INTESTINAL EN LA DIGESTIÓN

Los movimientos peristálticos son más intensos a nivel del duodeno y yeyuno. Mientras que a la altura del ileon, debido a que la válvula ileocecal detiene el flujo provoca que las contracciones sean más lentas.

La motilidad intestinal tiene las siguientes funciones:

- ✓ Mezclar el contenido intestinal con las enzimas y la bilis, contribuyendo así a que se produzca la digestión luminal.
- ✓ Poner en contacto el quilo con la mucosa intestinal para que se produzca la digestión mucosa.

En el intestino delgado se produce de 75-85% de absorción y reabsorción de líquidos (excepto en el caballo).

La presencia de la válvula ileocecal, permite que a nivel del ileon ocurra una disminución de las ondas peristálticas

Cuando el quilo llega al intestino, la presión osmótica es mayor en el lumen que en el borde de cepillo, por lo cual las células producen una secreción que será reabsorbida más adelante.

En el caso del caballo los líquidos continúan, llegan al intestino grueso y es aquí donde se absorbe el 95% de los líquidos (mayor cantidad en el ciego y colon, aunque incluso se absorbe hasta la altura de la ampolla rectal). En el momento de la ingesta, el alimento ingerido gracias a las ondas peristálticas es dirigido hacia la parte posterior del ciego, es a este nivel donde la ingesta experimentará una fermentación, luego esta pasa al colon. Existe la presencia de ondas retrógradas o antiperistálticas, que permite que el contenido intestinal perdure más tiempo en el ciego, esto con la finalidad que exista una mejor fermentación.

En el caso de los rumiantes pequeños el alimento llega primero al colon y por movimientos antiperistálticos regresan al ciego.

ACTO DE LA DEFECACIÓN

Es un acto reflejo que puede ser inhibido voluntariamente. Existen tres tipos de reflejos que intervienen en este acto y son los siguientes:

- 1. Reflejo Intrínseco:** las heces llegan desde el colon y se proyectan hacia la ampolla rectal y llenan la misma, por lo cual sus paredes se dilatan. Esta dilatación estimula a las células del plexo mientérico existentes en la pared del intestino (SNE) y provocan una estimulación e incremento de ondas peristálticas, logrando que el contenido ejerza presión sobre el esfínter anal interno. Este esfínter recibirá un mensaje de las mismas células nerviosas para que se dilate. Debido a que el estímulo de las ondas y la presión ejercida por las heces, no son tan fuertes no se logra que se evacue la ampolla rectal. Por lo tanto la defecación solo ocurrirá bajo un

estímulo o reflejo voluntario, como ocurre en el caso de los animales adiestrados.

2. **Reflejo Extrínseco o Parasimpático:** debido a que no se ha efectuado la evacuación, las heces seguirán llegando y llenado la ampolla rectal. Por vía parasimpática se estimulará el centro de la defecación (ubicado en la región sacra) produciéndose una respuesta a nivel de la ampolla y del colon para que las ondas peristálticas se intensifiquen, es así como se produce la dilatación del esfínter anal interno. Por vía parasimpática también se estimulará la corteza cerebral, mandando un mensaje a los nervios pudendos provocando la abertura del esfínter anal externo y por lo tanto la defecación.
3. **Reflejo Voluntario:** existe una fuerte inspiración y contracciones musculares, esto ayudará a que se llene la ampolla rectal. Debido a este llenado se producirá, por presión, la abertura del esfínter anal interno y se dará así la salida de las heces. En este caso ya estará dilatado o abierto el esfínter anal externo ya que fue estimulado por un reflejo voluntario.

El acto de la defecación está acompañado por una respiración profunda, contracción abdominal profunda, con la glotis cerrada lo que ayuda a llevar las heces desde el colon hacia el ano.

GLÁNDULAS ANEXAS

Hígado

Funciones Del Hígado

El hígado cumple varias funciones fisiológicas en el organismo, entre ellas tenemos:

1. Reservorio de sangre: se estima que aproximadamente del 29-30% de la sangre que impulsa el corazón va a pasar por el hígado (paso lento).

De la sangre que llega al hígado, se considera que más o menos el 70-75% de ella ingresa por la vena porta proveniente del conducto digestivo y el 25% de la sangre que llega al hígado lo aportan las arterias hepáticas.

El volumen de sangre total que ingresa al hígado bajo condiciones normales de reposo almacena un 10% que se mantendrá en esta glándula y será utilizado cuando el cuerpo lo necesita.

Cuando se expande el hígado por alguna anomalía puede llegar a almacenar un 20% del volumen total de la sangre.

2. Formación de Linfa: la linfa es un líquido que proviene:

- ✓ Del espacio extracelular
- ✓ Otra parte de la linfa se forma en el intestino delgado
- ✓ Pero la mayor parte es producida en el hígado. El hígado tiene a cargo la formación del 50% de la linfa del organismo.

- ✓ La linfa transporta proteínas que no atraviesan o pasan por los vasos capilares.

Formación de la linfa en el Hígado

En las paredes de las sinusoides encontramos unos poros, por los cuales circula sangre, linfa, proteínas. En el caso de la linfa, esta atravesará los espacios de Disse y se dirigirá hacia los vasos linfáticos y desde aquí se distribuirá por todo el organismo.

3. Limpieza de la sangre: la sangre que llega al hígado es proveniente de la digestión, esta sangre va con bacterias del intestino delgado y grueso, también irán pequeñas partículas extrañas.

Las células de Kupffer son las encargadas de la limpieza de la sangre, ya que estas fagocitan a las bacterias y toda partícula o sustancia extraña que ingrese por la vena Porta. Las células de Kupffer limpian un 99% de la sangre, si no existieran estas células se podría producir una septicemia, que se define como el crecimiento de bacterias en el organismo.

Los productos de desecho que son fagocitados por las células de Kupffer (metabolitos) se dirigen por la sangre hasta los riñones donde serán excretados.

4. Intervención en el metabolismo de los CHO: esta función tiene la finalidad de mantener un adecuado nivel de glucosa en la sangre. Esta función se denomina Buffer, y es cumplida en tres maneras:

- a. Glucogénesis:** consiste en la formación de glucógeno a partir de la glucosa circulante. Cuando los niveles de glucosa son altos en la sangre, el hígado almacena glucosa en sus células, hepatocitos, y la transforma en glucógeno, esto ocurre

generalmente después de la ingesta para suplir los tejidos de las gónadas, retina, sistema nervioso.

b. *Glucogenólisis:* cuando los niveles de glucosa se encuentran bajos en la sangre, se producirá la lisis del glucógeno (glucólisis) a nivel de los hepatocitos, quedando así la glucosa libre para ser transportada por vía sanguínea.

c. *Gluconeogénesis:* cuando por la ingesta no ingresa glucosa y tampoco existe reservas de esta en el hígado, este tomará aminoácidos de la sangre y de los músculos y los transforma en glucosa para ser liberado en la sangre.

El hígado regula el nivel de azúcar en la sangre.

5. Intervención en el metabolismo de CHON: el metabolismo de las proteínas es muy imprescindible. Estas funciones son:

Desaminación de los aminoácidos. En los hepatocitos se cumple esta función, la desaminación consiste en quitar los grupos aminos a las proteínas, y recién en este momento podrán ser utilizadas como nutrientes. En esta función hay liberación de amoníaco, lo cual debe ser controlado. La desaminación (NH_2) de los aminoácidos es necesaria para que estas puedan ser transformadas en energía (glucosa). Los procesos para la desaminación son los siguientes:

Formación de Urea: la forma a partir del amoníaco que se libera en la desaminación y también el que llega al rumen intestino grueso y desaminación de los aminoácidos. Esta función se realiza con el fin de regular la presencia de amoníaco en la sangre y proveer de urea al intestino grueso y riñones.

Formación de Proteínas Plasmáticas: aquí se forman el 90% de las proteínas plasmáticas, las únicas que no se originan aquí son

las gamma globulinas, que son anticuerpos formados por el sistema retículo endotelial no en el hígado. Estas proteínas intervienen en la coagulación de la sangre (protombina y fibrinógeno).

Interconversión de aminoácidos: el hígado sintetiza ciertos aminoácidos a partir de otros, aunque estos no son esenciales.

El hígado es generador de proteínas, a los aminoácidos tóxicos los toma y los transforma en aminoácidos no esenciales.

6. Metabolismo de las grasas:

El hígado es responsable del metabolismo de la mayor parte de la grasa. La principal fuente de grasa para el organismo, el hígado interviene en:

Oxidación de los ácidos grasos: las grasas ingresan al hígado como triglicéridos, y es aquí donde son transformados en ácidos grasos y glicerol para poderlos usar como energía. Los ácidos grasos por un proceso de β -oxidación se transforman en 2 radicales acetyl de 2 carbonos, estos radicales por acción de enzimas se convierten en acetyl-coenzima-A (ACo-A) y esta es la energía que utiliza el hígado (hepatocitos) para cumplir todas sus funciones, todo esto ocurre gracias al ciclo de Krebs. Pero una parte de ACo-A es procesada por el hígado y es transformada, por condensación, en Ácido Acetoacético, que es soluble. Este Ácido Acetoacético se libera de los hepatocitos y por medio del torrente sanguíneo es captado por otras células que lo vuelven a transformar en ACo-A y lo usan como energía.

Formación de Lipoproteínas: las proteínas son de gran importancia en el transporte de la mayoría de las sustancias nutritivas, las más importantes son las lipoproteínas, y es el

hígado el que se encarga de la función de formación de estas lipoproteínas.

Transformación de Proteínas y Grasas a Glucosa. La mayor parte de la grasa proveniente del CHO Y CHON se sintetiza en el hígado.

Síntesis de Colesterol: el colesterol está en las grasas, y es este el que facilita la asimilación ácidos grasos. También interviene en la síntesis de algunas hormonas (especialmente las sexuales testosteronas, estrógeno, progesterona, vitamina B.)

El hígado sintetiza grandes cantidades de colesterol. Aproximadamente el 80% el hígado lo utiliza para la síntesis de sales biliares, y un 20% lo utilizan los hepatocitos para la formación de lipoproteínas que son las que transportan proteínas y la mayoría de las sustancias que circulan en la sangre, es decir que el hígado tiene la función tanto de digestión como de transporte de principios nutritivos.

7. Excreción de Bilirrubina:

- ***Bilirrubina:*** pigmento de color verdoso, es parte constitutiva de la bilis. Se origina a partir de la hemólisis. (Figura # 18).

La bilirrubina resulta de la degradación de la hemoglobina, este pigmento se convierte en una herramienta clínica de diagnóstico de enfermedades que producen hemolisis.

¿Cómo ocurre?: los glóbulos rojos envejecen (100-120 días), y liberan la hemoglobina. Esta hemoglobina es atrapada por las células macrófagas, estas separan a la hemoglobina en dos pigmentos:

- ✓ *Pigmento Globina*
- ✓ *Pigmento Hemo:* libera Fe, este se combina con una proteína para formar la *Ferritina*. Esta Ferritina circulará por la sangre.

Dentro de células macrófaga la Hemo y la Globina, se transforman en un pigmento denominado *Biliverdina*. Dentro de la misma célula esta Biliverdina se transformará en *Bilirrubina*. Es de esta manera que saldrá de la célula macrófaga y circulará por la sangre, pero para poder transportarse requerirá primero de adherirse a una proteína que es la albúmina. A esta unión de la Bilirrubina con una proteína se la conoce como *Bilirrubina Libre*, esta entra a las células hepáticas, y es aquí que la Bilirrubina se separará de proteína., es decir que la albúmina retornará al torrente sanguíneo.

Y son los hepatocitos los que se encargarán de unir a la Bilirrubina con el *Ácido Glucorónico*, a esta unión se la conoce como *Bilirrubina Conjugada o glucoronica*.

Esta Bilirrubina Conjugada, se excretará del hígado por medio de los canalículos biliares y llegará al intestino delgado en conjunto con la bilis.

La bilirrubina es un pigmento útil para el diagnóstico de trastornos hepáticos.

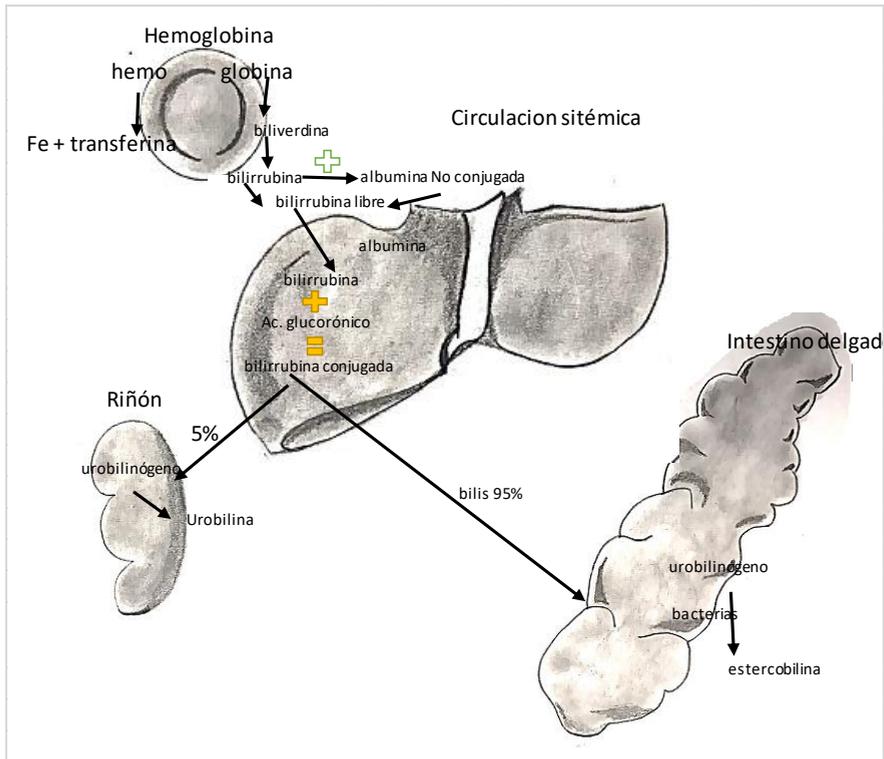


Figura # 18. Excreción de la bilirrubina

8. Excreción de Urobilinógeno: la Bilirrubina Conjugada va con la bilis existente en el intestino delgado, es atacada por bacterias las cuales la transformarán en *Urobilinógeno*.

El Urobilinógeno es una sustancia soluble y de fácil absorción, por esta característica podrá atravesar la mucosa intestinal y pasar al torrente sanguíneo. Una porción (5%) de Urobilinógeno circulante en la sangre se dirigirá hasta los riñones para de esta manera ser eliminado por la orina. Este urobilinógeno (pigmento), al ponerse en contacto con el oxígeno se oxidará y se transformará en *Urobilina*, la cual le da la coloración característica a la orina.

El otro 95% del Urobilinógeno circulante en la sangre retornará al hígado. Aquí formará parte de bilis como tal (urobilinógeno) como muestra la figura 18.

Pese a que exista una porción de Urobilinógeno que se elimina por la orina y otra que circula por la sangre y retorna al hígado, existe otra porción que se excreta por las heces, aquí el Urobilinógeno al ponerse en contacto con el oxígeno se transformará en *Estercoquina*, el cual es un pigmento que le da la coloración característica a las heces.

9. Secreción de Bilis: esta sustancia ayuda a la digestión. Las sales y los ácidos biliares se absorben en las primeras porciones del intestino

La presencia de Ácido Biliares en las primeras porciones del intestino delgado (duodeno-yeyuno), evita que se absorban las sales biliares. Fisiológicamente ocurre para que las sales biliares cumplan su función. Estas sales serán absorbidas en un 90-95% antes de al íleon, regresando así al hígado. Este mecanismo ayuda al hígado a suplir con las cantidades necesarias de sales biliares que se requieran durante la digestión.

Con la bilis se eliminan ciertas sustancias tóxicas como son:

- ✓ ***Eritromicina, Penicilina***
- ✓ ***Ampicilina***
- ✓ ***Hormonas:*** estrógenos, cortisol, tiroxina, aldosterona.

La bilis tiene una solución *buffer*, la cual neutraliza el pH del quimo. Esta solución representa el 50% de la secreción biliar, la cual es rica en carbonatos y en sodio.

El llenado de la vesícula biliar se realiza durante la ingesta, en este momento las paredes de la vesícula están relajadas. Esto

ocurre debido a que durante la ingesta, el orificio de Oddi se mantiene cerrado, entonces por el mismo conducto colédoco retornará la bilis hacia la vesícula.

Durante la ingesta, el quimo ácido estimula a las células secretoras del intestino delgado, logrando que produzcan la enzima llamada *Colecistoquinina*. Esta enzima por vía sanguínea estimulará: a las paredes de la vesícula biliar para que se contraigan y también relaja esfínter de Oddi permitiendo así la salida de la bilis.

En las especies que no poseen vesícula, la producción o secreción de bilis es permanente.

La bilis está formada por: agua (90%), pigmentos biliares, urobilinógeno, sales y ácidos biliares, Na, K, carbonatos, Cl y Ca.

10. Almacenamiento de Vitaminas: el hígado es reservorio de vitaminas del complejo B, también es reservorio de vitamina A y D. Esta característica, le permite al hígado suplir con las deficiencias de hasta 10 meses, especialmente puede suplir vitaminas B₁₂

11. Almacenamiento de Hierro: gran parte del hierro circulante en el organismo, excepto el de la sangre, se almacena en el hígado.

Cuando hay déficit de Fe, el hígado libera Fe a lo cual se lo considera como función Buffer de hierro. Este proceso ayudará a mantener nivelado el Fe en la sangre.

12. Detoxificación: libera y desdobra antibióticos eliminándolos en la sangre también elimina tiroxinas, estrógeno, cortisol, aldosterona, eritromicina, ampicilinas.

PÁNCREAS

- La unidad funcional del páncreas se llama *Pancreón*. (Figura # 19). Está ubicado junto al estómago y el duodeno similar a la glándula salival su estructura, tejido muy blando, la unidad está formada por dos grupos de células:

Acinos Pancreáticos: parte externa, páncreas exocrino es estimulada por la secretina y pancreosinina, los centros acinare son estimulados por la secretina.

Los acinos pancreáticos están constituidos por células piramidales cuyo vértice se dirige hacia el centro de la acino para formar un ductulo (conducto) por donde se excretará el jugo pancreático. En estos ductos existen células centro acinares, estas son las que se encargan de producir la porción de jugo pancreático rico en fosfatos y carbonatos. Los acinos pancreáticos son los que producen la porción de jugo pancreático rico en enzimas.

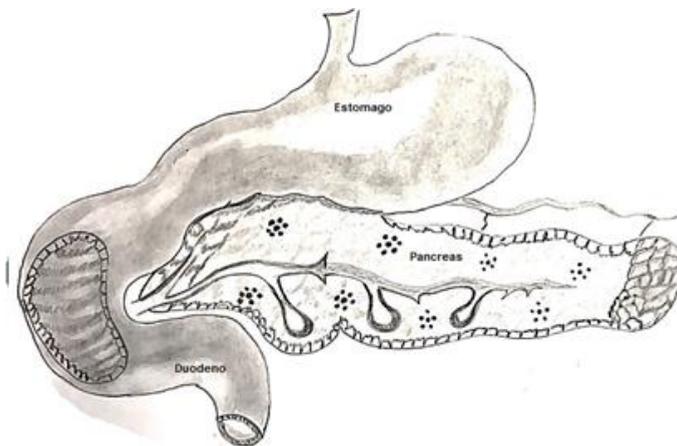


Figura # 19. Páncreas

Islotes de Langerhan: parte interna, páncreas endocrino, se encuentran en el centro del páncreas. Están conformados por tres tipos de células:

1. Células Alfa: estas representan el 25% del total de las células del islote. Estas producen glucagón
2. Células Beta: representan aproximadamente el 60% del total de las células del islote. Estas producen insulina.
3. Células Delta: representan el 15% del total de las células del islote. Producen somatostatina.

Las hormonas secretadas por estas células, interactúan entre sí para controlar y regular los procesos metabólicos que son requeridos

Insulina: Procesos Metabólicos

1. Regula el nivel de azúcar en la sangre.
2. Metaboliza: grasas, CHON y CHO
 - La insulina activa algunas enzimas y también actúa en el cambio de actividad de otras enzimas.
 - Actúa a nivel de los ribosomas de las células blanco para estimular la síntesis o producción de RNA e incrementar así la síntesis proteica. (acción a corto plazo)
 - A nivel de los nucleótidos del núcleo de la célula blanco, estimula la síntesis de DNA, el que posteriormente induce a mayor síntesis de RNA para incrementar la síntesis de proteínas. (acción a largo plazo)
 - La insulina interviene en el almacenamiento del exceso de energía circulante en la sangre (glucosa). Este exceso de energía es almacenado en el hígado y en los músculos en forma de glucógeno.

- Cuando el hígado se ha saturado de glucógeno, la insulina interviene en la transformación de la glucosa en triglicéridos (grasa).
3. Almacena el exceso de energía que circula en la sangre
- Como glucógeno en el hígado y músculos
 - Como grasas en el tejido adiposo
 - Convierten los a.a. en proteínas, Inhibe el desdoblamiento de las proteínas que ya están en las células

Acción De La Insulina Sobre Las Células Blanco

- La insulina circulante en la sangre se une a una proteína. Por su lado la célula blanca (80%) tiene receptores específicos para este complejo insulina-proteína, el cual al ingresar a la célula la estimula en su permeabilidad para que así pueda ingresar la glucosa. También aumentará la permeabilidad para los iones de Mg, F, K, y así contribuye con el almacenamiento del exceso de CHO (efecto inmediato).
- Se considera que el SNC, la retina y el epitelio germinativo de las gónadas, no requieren del complejo insulina-proteína, puesto que estos pueden tomar la glucosa directamente del torrente sanguíneo.
- La insulina es eliminada por una enzima denominada *Insulinaza*, que se encuentra en el hígado y en los riñones. Por lo tanto, sólo tendrá de 6-15 minutos para circular por el torrente y adherirse a la célula blanca, caso contrario será eliminada. Solamente quedará actuando la insulina que se ubicó en algún receptor de la célula blanco.

Acción De La Insulina Sobre Los Músculos

- El tejido muscular utiliza poca glucosa para su actividad metabólica.

- La fuente principal de energía para los músculos proviene de los ácidos grasos, pero cuando la insulina circulante en sangre se encuentra en niveles altos, va a inhibir la salida de los ácidos grasos al torrente. Por lo tanto, la insulina obliga al tejido muscular a utilizar glucosa para su metabolismo y también para que la almacene como glucógeno.
- Los músculos en reposo son poco permeables a la glucosa.
- Entre ingesta, los niveles de glucosa e insulina son bajos, es por esto que el músculo tomará los ácidos grasos de las células adiposas como principal fuente de energía.
- Músculo libera proteína para que la insulina produzca glucagón.

Acción de la Insulina sobre el hígado

Es la más importante de todas, las células betas son estimuladas en niveles altos de insulina.

La insulina estimula a los hepatocitos para que conviertan a la glucosa en glucógeno, y de esta manera se almacena en el hígado. Al existir grandes cantidades de glucosa e insulina en la sangre, la insulina va a :

- ✓ Inactivar a la enzima *Fosforilasa*, que es la que se encarga de transformar el glucógeno en glucosa.
- ✓ Esta glucosa en demasía en la sangre vuelve a entrar al hígado y se almacena como tal. Esta glucosa a través de la enzima *Glucocinasa*, sufre la *primera fase de fosforilación*, de esta manera la glucosa se queda atrapada en el hígado. La insulina activa a otra enzima que se llama *fosfofructoquinasa* y es esta la que realiza la *segunda fase de fosforilación* de la glucosa, esta fase es con la finalidad de preparar a la glucosa fosforilada para que, sobre esta actúe una enzima activada por la insulina denominada *Glucogenosintetasa*, y esta es la que transforma la glucosa fosforilada en glucógeno.

Transformación de la glucosa en Ácido Graso (Hígado saturado de glucógeno).

Después de la ingesta existirá glucosa remanente. Esta glucosa ingresará al hepatocito, aquí por acción de la insulina la glucosa se transformará en ácido graso. Y es la misma insulina que activa una enzima para que los ácidos grasos se transformen en triglicéridos. Estos serán almacenados por poco tiempo en el hígado, para posteriormente ser liberados al torrente sanguíneo y finalmente ser almacenados en las células adiposas.

La saturación de glucógeno se nota cuando el hígado pesa 6% más de su propio peso.

Efecto de la insulina sobre la proteína

En ausencia de insulina en el torrente sanguíneo, y de reservas de glucógeno en el hígado, el músculo o célula muscular liberará aminoácidos. Estos aminoácidos serán receptados por los hepatocitos. Dentro del hepatocito, por medio de un proceso denominado Gluconeogénesis, los aminoácidos serán transformados en glucosa y esta pasará a la sangre para mantener los niveles normales para que el individuo la pueda aprovechar.

Cuando está presente la insulina, bloquea la gluconeogénesis ya que impide que se liberen los aminoácidos del músculo y evite la degradación proteica, no se libere los aminoácidos y la insulina actúe sobre los lisosomas de las células musculares para que no salgan.

Función de la insulina en el metabolismo de las grasas

- Síntesis de ácidos grasos en el hígado y células adiposas.
- Almacenamiento de ácidos grasos en las células adiposas.
- Inhibe la salida de ácidos grasos hacia la sangre.

La formación de ácidos grasos y de triglicéridos en el hígado se produce por un excedente de glucosa en la sangre. Esta glucosa ingresará al hepatocito, una parte será utilizada por el hígado como sustrato para cumplir sus funciones. La otra parte, servirá para energía del organismo.

De la glucosa que aprovecha el hígado, se generan o liberan los iones de: *citratos e isocitratos*. Estos iones estimularán a la enzima denominada *Acetil-coenzima A carboxilasa*.

Cuando el excedente de glucosa llega al hígado, la insulina separa el *piruvato* de la glucosa y lo convierte en acetil-Co-A, que es el sustrato que sirve para formar los ácidos grasos. La *Acetil-coenzima A carboxilasa*, actuará sobre la Acetil-Co-A y la transformará en *Malonil-Co-A*, y esta es la primera fase para formar los ácidos grasos.

La insulina, junto a otras enzimas actuará o estimulará sobre el *Malonil-Co-A* y lo transformarán en ácidos grasos. La misma insulina transformará a los ácidos grasos en triglicéridos, y es como saldrán a la circulación sanguínea. En el torrente, el triglicérido necesitará de unirse a una lipoproteína para poder trasladarse hasta los capilares de las células adiposas.

¿Cómo ingresan al tejido adiposo?

En los capilares de las células adiposas, existen células que por acción de la insulina producirán enzimas. Esta proteína es la Lipoproteína Lipasa, ésta se encargará de desdoblar a los triglicéridos y convertirlos en ácidos grasos, y es como esta unidad que podrá penetrar a la célula adiposa.

¿Cómo se almacena en el tejido adiposo?

Los ácidos grasos como tal no pueden ser almacenados en las células adiposas. Por acción de la insulina, la célula adiposa será estimulada a captar niveles bajos de glucosa. Sobre esta glucosa,

actuará la insulina y la transformará en Glicerofosfato, este permitirá que los ácidos grasos se transformen en triglicéridos, y es como triglicéridos que finalmente serán almacenados en las células adiposas.

Niveles bajos de Insulina

En las células adiposas, existe la presencia de la Hormona Sensitiva Lipasa, la cual tiene por función transformar a los triglicéridos en ácidos grasos, y es como ácidos grasos que serán liberados de la célula adiposa y circularán por el torrente sanguíneo.

La Hormona Sensitiva Lipasa, se activa al existir bajos niveles de insulina y es desactivada cuando los niveles de la insulina son altos.

Metabolismo de las proteínas

- Almacenamiento de las proteínas.
- Inhibe el catabolismo proteico.
- Activa el RNA mensajero.
- Activa el DNA.
- Enzimas que participan en el metabolismo de CHO, CHON y grasas

La insulina actúa sobre los receptores de las células blanco, y ayuda también a almacenar proteínas actúa en los ribosomas. Cuando no existe reserva de glucosa en el hígado y los niveles de insulina se encuentran bajos, los aminoácidos saldrán del músculo y circularán en la sangre hasta llegar al hígado donde serán transformados en glucosa.

Cuando los niveles de insulina se encuentran altos, se verán estimulados los receptores que se encuentran en los músculos y

de esta manera se impedirá la salida de los aminoácidos a la sangre, quedando almacenados en los músculos.

La insulina inhibe el catabolismo de las proteínas, impidiendo que se produzca la gluconeogénesis inactivando los ribosomas, actúa sobre los lisosomas evitando el catabolismo de las proteínas.

La insulina activa:

ARNm, actúa sobre el ribosoma de las células diana, formando nuevas proteínas. En ausencia de la insulina los ribosomas no cumplen esta función.

ADN, actúa sobre el núcleo de las células diana. Incrementa la tasa de transcripción en secuencia genética de DNA. Incrementado la formación de RNA para síntesis proteica. **Y enzimas** (CHO, grasas, CHON).

Control de la secreción de Insulina

En el proceso de control intervienen:

- **Glucosa:** cuando existen altos niveles de glucosa, las células de los islotes de Langerhan serán estimuladas para que produzcan altos niveles de insulina. Incremento de la concentración de glucosa al doble del nivel normal, quintuplica la secreción de insulina.
- **Aminoácidos:** estimulan la secreción de insulina. Se ha determinado que la acción de los aminoácidos potencializa el efecto de la glucosa. A mayor secreción de insulina, mayor será el almacenamiento de aminoácidos en los músculos. Los aminoácidos que intervienen en este proceso son: Arginina y Valina.

Los aminoácidos cuando están solos, provocan estímulo insatisfactorio en el páncreas pero junto a la glucosa potencian al doble la secreción que la observada, dejando la glucosa sola.

- **Hormonas Gastrointestinales:** su función es la de preparar de manera anticipada al páncreas para que intervenga en el proceso de la ingestión. Las hormonas son: Gastrina, Secretina, Colecistoquinina.
- **Otras Hormonas:** estimulan de manera directa o indirecta a la producción o liberación de insulina. Cuando se las usa continuamente pueden producir un incontrolado incremento de insulina denominado Hiperinsulinismo.
- Las hormonas que intervienen son: glucagón, hormona del crecimiento, progesterona, cortisol, estrógenos.
- **SNA** tiene poca influencia en la secreción de la insulina.

Glucagón y sus funciones

- Incrementa el nivel de glucosa en la sangre mediante dos procesos: Glucogenólisis y Gluconeogénesis.
- Incrementa la capacidad de extraer aminoácidos de la sangre.
- Incrementa la liberación de los ácidos grasos.
- A nivel hepático, inhibe el almacenamiento de triglicéridos.

Acción del Glucagón en el proceso de Glucogenólisis

El glucagón tiene una importante función en este proceso, su efecto se produce a través de una:

Cascada de eventos: el glucagón ingresa cuando los niveles de glucosa son bajos; en pequeñas cantidades actúa sobre la membrana celular del hepatocito y estimulan a una enzima llamada *Adenil Ciclasa*. Esta enzima, estimula al cAMP en los hepatocitos, estimulando así a la producción de otra enzima denominada *Proteína Quinasa B*, esta toma la *Fosforilasa B* del hígado y la transforma en *Fosforilasa A*. la Fosforilasa A, actúa sobre el glucógeno del hígado y los convierte en *Glucosa-1-fosfato*. Finalmente, la *Fosforilasa* actúa sobre la *Glucosa-1-*

fosfato y la convierte en glucosa, y es así como circulará por la sangre

Un microgramo de glucagón puede incrementar 20mg. de glucosa en 20 minutos.

Acción del Glucagón en el proceso de Gluconeogénesis

- La gluconeogénesis, es el proceso mediante el cual se elaborará glucosa a partir de los aminoácidos. Este proceso se da cuando no hay reserva de glucógeno en el hígado.

¿Cómo ocurre?

- ✓ El glucagón circulante en la sangre permite la liberación de aminoácidos de los músculos.
- ✓ El glucagón también interviene en la permeabilidad del hígado, permitiendo así la entrada de aminoácidos.
- ✓ Otra función es la de activar enzimas hepáticas para que éstas actúen sobre el *Piruvato* y lo transforman en *Fosfofenol Piruvato*, este se unirá a los aminoácidos y se transformarán en glucosa para finalmente ser liberados al torrente sanguíneo.

Acción del glucagón en la liberación de los ácidos grasos

El glucagón estimula a la activación de la Hormona Sensitiva Lipasa para que los ácidos grasos sean liberados de las células adiposas, y puedan ser utilizados como fuente de energía entre ingesta, esto se produce cuando existe un bajo nivel de insulina.

Acción del glucagón en la inhibición del almacenamiento de triglicéridos

El hígado almacena triglicéridos como reserva, y es el glucagón el que impide el ingreso de los ácidos grasos para que de esta manera el hígado no interrumpa con la función de otros órganos.

Control de la secreción del glucagón

En el proceso de control intervienen:

- **Glucosa:** los niveles de glucosa deben ser bajos para que así se estimulen las células α de los islotes de Langerhan, se estimulen y produzcan glucagón cuatro veces más que lo normal. Cuando la glucosa llega a 80 el glucagón se estabiliza.
- **Aminoácidos:** estimulan la secreción de glucagón. Se ha determinado que la acción de los aminoácidos potencializa la secreción de glucagón (gluconeogénesis). Los aminoácidos que intervienen en este proceso son: Argina y Alanina.
- **Ejercicio Forzado:** se asume que el glucagón es liberado cuando existe ejercicio forzado. También existe liberación de aminoácidos e introducción de glucosa en el músculo, incrementa el nivel de glucagón para proveer de glucosa al músculo. Se asume que los aminoácidos circulantes lo estimulen.

Somatostatina y su función

La somatostatina se produce en las células delta de los Islotes de Langerhan.

Funciones:

- Inhibir insulina y glucagón
- Disminuye motilidad del estómago, duodeno y vesícula biliar.
- Disminuye la secreción y absorción del tracto gastrointestinal.
- Regula los niveles de nutrientes para que el organismo mantenga un equilibrio, y también para que estos nutrientes sean utilizados de forma paulatina.
- Prolongar la actividad digestiva, evitando que exista una absorción rápida de nutrientes

Estas funciones son favorables para postergar la utilización de los nutrientes que ingresan al torrente sanguíneo después de la ingesta y de aquellos que se encuentran almacenados.

Importancia de la regulación de la glucosa

Los niveles normales de glucosa permiten que el organismo no solo asimile glucosa sino también otras sustancias.

La mayoría de los tejidos (80%) en ausencia de glucosa, utilizan ácidos grasos para su metabolismo.

El cerebro, retina y el epitelio germinativo de las gónadas necesitan constantemente la glucosa sin intervención de la insulina.

Diabetes: se define como el aumento del nivel de glucosa en la sangre. Al producirse este aumento provoca un desbalance en la presión osmótica. Esto sucede porque la concentración de soluto es mayor fuera de la célula que dentro de ella, logrando así que se extraiga líquido celular y también del espacio intercelular. Este exceso de líquido en el torrente sanguíneo, será expulsado por la orina. Es por esta razón que en los individuos con diabetes aumenta el deseo de miccionar.

Aparato digestivo de las aves

Presenta algunas diferencias con los mamíferos, tales como (Figura 20)

- a. **Cavidad bucal:** no hay demarcación con la faringe, no tienen paladar blando y el paladar duro es hendido. Esta hendidura se comunica con la cavidad nasal. Las aves no poseen dientes, su pico córneo y la molleja (estómago muscular) realizan la acción trituradora que hacen los dientes en los mamíferos. La cavidad bucal presenta glándulas salivales y botones

gustativos rudimentarios que en número y en tamaño varían según la especie.

- b. ***Esófago***: presenta una dilatación o ensanchamiento llamado *Buche*, que puede ser una simple dilatación o en forma de saco, como el caso de los pollos. También se puede dar el caso de doble buche como ocurre en el caso de las palomas, o la ausencia de este como en las aves insectívoras. El buche servirá para almacenamiento temporal del alimento.
- c. ***Estómago glandular***: su función es la de secretar moco, CIH y pepsinógeno. En las aves que carecen de buche, este estómago servirá como reservorio de alimento.
- d. ***Estómago muscular***: ausente en los mamíferos y es conocido como molleja. Tiene como función triturar el alimento. Se produce la digestión proteica, sirve para mezclar con los jugos digestivos en aquellas especies carnívoras.
- e. ***Intestino delgado***: es de estructura similar al de los mamíferos. Presenta vellosidades con una ligera diferencia: que las microvellosidades son más delgadas y altas y no poseen conducto lácteo o vasos quilíferos y en su lugar presentan una red de vasos sanguíneos especializados para la absorción de los principios nutritivos. El duodeno es similar al de los mamíferos, con la diferencia que entre el yeyuno-ileon no existe una diferencia histológica demarcada.
- f. ***Intestino grueso***: conformado por la mayoría de las aves por dos ciegos.
 - *Halcones y Aves Canoras* (insectívoras), no tienen ciego, el colon es corto y aparece en una sola porción, no está dividido como en los mamíferos.

No existe una ampolla rectal diferenciada. Su cloaca es el punto donde se unen los conductos secretores de la orina y el colon, produciéndose así que en el momento de la defecación tanto las heces como la orina se mezclarán y saldrán juntos. En el caso de las aves presentarán dos ciegos, En la unión del

intestino delgado se localizan los dos ciegos. Termina en una cloaca donde desembocan la uretra y los genitales externos.

Glándulas anexas

- g. Hígado:** es bilobulado, interviene en la digestión. Se comunica con el intestino delgado a través de dos conductos: uno proveniente de la vesícula y el otro directamente del parénquima hepático.
- h. Páncreas:** se ubica en el asa duodenal, se comunica con el intestino delgado mediante tres conductos. La función del páncreas es similar a la de los mamíferos.

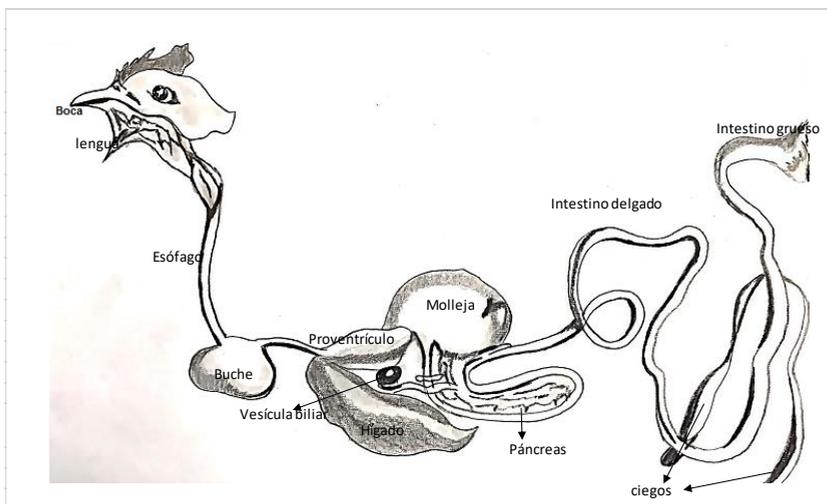


Figura # 20. Sistema Digestivo

Secreciones producidas a lo largo del tracto digestivo

1. Bucales, buche, esofágicas.

Cavidad bucal: El alimento permanece poco tiempo en la boca, hay una ligera maceración, las glándulas salivales (más

numerosas en las especies que comen alimento seco) producen una secreción mucosa, en la mayoría de las aves esta secreción es libre de enzimas. Esta condición no se cumple en el pollo, ya que se ha determinado la presencia de la enzima *amilasa*. Debido a la estructura de la cavidad bucal, el alimento experimentará una ligera maceración y permanecerá poco tiempo en este segmento.

Esófago: una vez deglutido el alimento pasará por el esófago y se almacenará en el buche. Este segmento también secreta moco, el buche no produce enzimas pero existe la presencia de bacterias. En los pollos se ha determinado que estas bacterias también producen amilasa.

La amilasa de la saliva y la existente en el buche iniciarán la digestión de los CHO en este segmento. A nivel del buche ocurre un ablandamiento del alimento

2. Gástricas.

Estómago glandular o proventrículo: luego el alimento llega al estómago glandular, este posee células mucosas y sub-mucosas especializadas:

- ✓ Mucosa: secreta moco
- ✓ Submucosa: secreta CIH y pepsinógeno.

- ✓ Estas células por lo tanto son las homólogas de las células parietales y principales del cuerpo. El pH del jugo gástrico de las aves oscila entre 0.5/2.5 garantiza la cavidad péptica. La función del estómago glandular es mezclar el alimento con el jugo gástrico, en los herbívoros y omnívoros es alto.

Estómago muscular: luego el alimento pasa al estómago muscular, donde se produce la trituración del mismo y ocurre la digestión gástrica la cual es proteica. En las aves, esta digestión

gástrica va acompañada de una digestión mecánica debido a los movimientos que experimenta el estómago muscular.

3. Intestinales.

Intestino delgado: a este nivel ocurre la digestión luminal y la mucosa sitio principal de la digestión química, enzimas proteolíticas, aminolíticas, lipolíticas, el pH 5,6-7,2 (ideal 6-8) este es regulado por la secreción del hígado y páncreas.

Intestino grueso: secreciones microbianas más importantes en aves herbívoras.

4. Hepáticas y pancreáticas.

Hepáticas: La bilis neutraliza el quimo.
La digestión de las grasas.

Pancreática: Tiene dos porciones igual que en los mamíferos.
Incrementa el pH.
Enzimas y proenzimas.

Inervación del conducto digestivo y glándulas anexas.

Parte anterior o superior del aparato digestivo: inervada por el SNA SNE.

Parte posterior: la parte posterior del intestino delgado, y el intestino grueso están inervados por un nervio especial llamado

Remark. El colon también está irrigado por la rama caudal del nervio mesentérico.

- **Íleo:** Enfermedad aguda, producida por el retorcimiento de las asas intestinales, que origina oclusión intestinal y cólico miserere.
- **Íleon:** Tercera porción del intestino delgado de los mamíferos, que empieza donde acaba el yeyuno y termina en el ciego.
- **Iliion:** Hueso de la cadera, que en los mamíferos adultos se une al isquion y al pubis para formar el hueso innominado.

Absorción del aparato digestivo de las aves

- El mecanismo de absorción es mediante Transporte activo y el de Difusión.
- La mayoría de los principios nutritivos se absorben en el segmento proximal del íleon.
- Las sales biliares se absorben en el segmento distal del íleon.

Absorción de los CHO

Los hidratos de carbono en su gran mayoría se absorben mediante Transporte Activo, es decir, se requiere de la presencia de Na. Existen algunos hidratos de carbono, azúcares, que para su absorción requieren del Transporte por Difusión.

La absorción de los CHO se activa un poco antes de la eclosión, y se intensifica a la semana de edad con la absorción de azúcares (proceso que les ayuda a crecer). Cuando están más adultos la absorción declina, sin desaparecer.

Absorción de los CHON

Existen proteínas que para su absorción requieren de un transporte por Difusión, y hay otro grupo de proteínas que tienen

ambos mecanismos de absorción: Transporte Activo y el de Difusión.

Existe un transporte específico para cada uno de los siguientes grupos de proteínas:

- ✓ Aminoácidos Neutros
- ✓ Aminoácidos Básicos
- ✓ Aminoácidos Ácidos

Como existen aminoácidos que se encuentran en similares diluciones en la dieta y comparten el mismo procedimiento de absorción, ya sea activo o por difusión, se los considera que son antagonicos por competir por el mismo receptor. Ejemplo:

<i>L-Leucina</i> Se inhibe por	L- Iso-leucina L- Valina L- Metionina
<i>L-Lisina</i> Se inhibe por	L-Arginina L-Fenil-alanina L-Histidina

- Los aminoácidos existentes en la dieta de las aves, se los clasifica de la siguiente manera:
 - ✓ ***Aminoácidos Exógenos:*** aminoácidos que van listos como aminoácidos en la dieta. Y se absorben en la porción proximal del íleon.
 - ✓ ***Aminoácidos Endógenos:*** existen en la dieta, pero como proteína verdadera. A nivel del intestino delgado se desdoblán en aminoácidos o en péptidos pequeños (2 aa.) y se absorben en la porción distal del íleon.

Absorción de las Grasas

- Las grasas van directamente al torrente sanguíneo por medio de capilares específicos. Este paso directo se debe a que en las aves no existe el conducto lácteo en las vellosidades quilíferas.

Factores que afectan el mecanismo de absorción

- Mayor o menor a 24°C: se produce alteraciones en el proceso de absorción de las aves:
 - ✓ **Mayor a 24°C:** disminución en la absorción de K y P. También, el flujo mesentérico (arteria que irriga el intestino) disminuye en un 50%, provocando que llegue menos sangre a este nivel, menos producción de enzimas, menor transporte, menos absorción.
 - ✓ **Menor a 24°C:** disminución en la absorción de Ca, se incrementa la absorción de N provocando así una intoxicación en las aves.

SISTEMA RESPIRATORIO

OBJETIVO: producir el intercambio gaseoso entre la atmósfera y los tejidos, liberando CO₂ e inhalando Oxígeno.

RELACIÓN ENTRE EL APARATO RESPIRATORIO Y EL SISTEMA CIRCULATORIO

En el parénquima pulmonar, existe un importante sistema de irrigación constituido por arterias, venas y capilares, los cuales permiten una íntima relación entre el aparato respiratorio y el sistema circulatorio. Esta estrecha relación ocurre a nivel de la unidad funcional del aparato respiratorio, que es el alveolo.

- **Alveolo:** entre cada alveolo existe un espacio denominado *espacio intersticial*, por los cuales pasan arteriolas y capilares, los cuales se encargan de llevar oxígeno a los glóbulos rojos.

CICLO RESPIRATORIO

Este ciclo se lleva a cabo en dos fases:

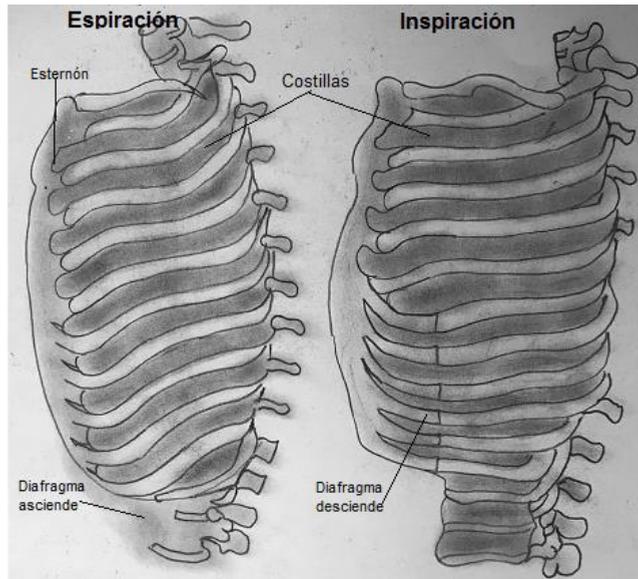


Figura # 21. Ciclo respiratorios

a. *Inspiración:* es el ingreso del aire hacia los pulmones. Esto ocurre con una contracción del diafragma y una dilatación de las costillas o de la caja torácica, todo esto gracias a movimientos laterales en dirección craneal, provocando así la expansión de los pulmones permitiendo el ingreso del aire.

b. *Espiración:* las costillas y los pulmones retornan a su posición o estado normal, debido a la relación de los músculos y el diafragma, lo cual permite la salida de aire cargado de CO₂.

CURVA DEL PATRÓN RESPIRATORIO

Consta de dos fases:

- Ciclo Respiratorio
- Ciclo Espiratorio

Se considera que la curva del ciclo es simétrica, ya que se espera que la misma cantidad de aire que entra a los pulmones, debe salir. Entre la dos pleuras que recubren al pulmón, visceral y parietal, existe un espacio denominado espacio intra-pleural. Es en este espacio donde se produce una presión negativa debido a que

existe un vacío. Este vacío va a ser llenado por el líquido pleural que no es otra cosa que linfa. Este vacío cambiará su presión en función de la etapa de respiración en que se encuentre, por lo tanto:

- Durante la **Inspiración**: la presión del espacio intra-pleural disminuye, la linfa se dirigirá a los vasos linfáticos. También se expandirán los alvéolos, razón por la cual en este momento el pulmón se llenará de aire, aproximadamente medio litro.
- **Espiración**: la linfa retornará al espacio intra-pleural y en teoría los pulmones exhalarán todo el aire inspirado.

Esta curva se representa en la mayoría de las especies excepto en el caballo. En el caballo la curva también es simétrica, con la diferencia que la inspiración la realiza en dos tiempos, esto debido a un retraso en la descarga de las neuronas inspiratorias tardías. Estas neuronas son las responsables de estimular la mecánica respiratoria, que en la mayoría de las especies se activa de manera rápida, mientras que en el caballo se retrasan.

CICLOS COMPLEMENTARIOS

Los ciclos complementarios se suscitan cuando existe una deficiencia en la ventilación pulmonar. Estos ciclos no ocurren en el caballo.

- **Suspiro**: consiste en una inspiración rápida y una espiración larga y profunda.

TIPOS DE RESPIRACIÓN

- **Respiración abdominal**: ocurre en un individuo en reposo y bajo condiciones normales. Esta respiración se caracteriza por presentar movimientos de contracción y relajación de los músculos del abdomen. Como consecuencia de estos movimientos las vísceras abdominales y el diafragma ejercerán presión sobre los pulmones.

- **Respiración costal:** consiste en movimientos exagerados de costillas. Este tipo de respiración ocurre cuando el individuo tiene algún tipo de dificultad para respirar o cuando existen dolores abdominales.

FRECUENCIA RESPIRATORIA

Se define como el número de ciclos respiratorios por minuto. Es importante saber determinar la frecuencia respiratoria, ya que será útil para determinar el estado de salud del individuo.

La frecuencia respiratoria puede variar entre especies e incluso dentro de una misma especie puede haber variantes. Hay que tomar en cuenta que la frecuencia respiratoria puede variar por diferentes factores, tales como:

- Tamaño corporal
- Edad
- Ejercicio
- Excitación
- Temperatura ambiente
- Preñez
- Grado de distensión del conducto digestivo
- Estado de salud.

EVENTOS DE LA MECÁNICA RESPIRATORIA

Los eventos comprenden:

1. PRIMER EVENTO FISIOLÓGICO: VENTILACIÓN PULMONAR

Es el proceso de recambio de gases entre el aire pulmonar y el aire atmosférico, con la finalidad de reemplazar el CO₂ por el O₂. Este recambio ocurrirá a nivel de los alvéolos.

❖ **Clasificación de la Ventilación Pulmonar:**

- **Ventilación Total:** es el proceso de recambio que se produce en un ciclo respiratorio. En otras palabras, es el aire que ingresa y sale de los alvéolos. A la ventilación total también se la conoce como volumen respiratorio por estar relacionado con una porción de gases que ingresa al organismo durante un ciclo respiratorio por minuto.

La ventilación o total o volumen respiratorio se subdivide en:

- ✓ **Volumen o Ventilación del Espacio Muerto (VM):** es aquel volumen de aire que se encuentra en las vías del aparato respiratorio, pero que no participa del intercambio con la sangre.
- ✓ **Volumen o Ventilación Alveolar (VA):** cantidad de aire que sí participa con el intercambio con la sangre.

$$VR = (VM + VA)$$

- **Espacio Muerto:** luego de la inhalación, el alveolo se llena de CO₂. Y durante la espiración este CO₂ saldrá, pero quedará un remanente de CO₂ en las proximidades de los bronquiolos. Este remanente se mezclará con el nuevo aire que ingrese en otra inhalación, y es por esto que el aire más próximo a los alvéolos tendrá más concentración de CO₂. El espacio muerto se divide en:

- ✓ **Espacio Muerto Anatómico.** es aquel espacio donde no existe intercambio con la sangre pero sí existe intercambio gaseoso, que desde el punto de vista fisiológico ocurre por difusión.

El espacio muerto fisiológico también tiene las siguientes funciones:

- a. Calentamiento del aire inspirado: este aire al pasar por los cornetes será calentado, evitando así que se irrite la mucosa de las vías respiratorias.
 - b. Conducir la masa de aire inspirado hasta los pulmones: Este espacio comprende desde la cavidad nasal hasta los bronquiolos.
 - c. Eliminación de partículas: esto gracias a la presencia de pestañas vibrátiles, las cuales evitan que partículas extrañas pasen al pulmón.
 - d. Saturación de vapor: el aire que ingresa en una inspiración es de una temperatura diferente a la temperatura de la humedad que existe en las vías respiratorias, es por esto que se produce una saturación de vapor de agua.
- **Espacio Muerto Fisiológico**: normalmente el aire atmosférico cargado de O₂, ingresa a los alvéolos, atraviesa el epitelio alveolar y el epitelio capilar hasta llegar a los glóbulos rojos para finalmente dirigirse a los tejidos. Pero existe una porción de aire que ingresa a los alvéolo pero no participará en el intercambio gaseoso con la sangre, a esto se lo conoce como *Espacio Muerto Fisiológico*

❖ **Volúmenes y Capacidades:**

I. Volúmenes:

- Volumen Respiratorio (VR): es la cantidad de aire que entra y sale en un ciclo respiratorio.
- Volumen Inspiratorio de Reserva (VIR): luego de una inspiración normal, el individuo podrá inhalar más, a este volumen de aire que entra en una segunda inspiración se lo conoce como volumen inspiratorio de reserva.
- Volumen Espiratorio de Reserva (VER): se produce una espiración, pero quedará un remanente de aire en los

pulmones, volumen espiratorio de reserva, que será eliminado en una espiración forzada.

- Volumen Residual: luego de haber realizado una espiración normal y una espiración forzada, quedará un remanente de aire que ya no saldrá de los pulmones, a este volumen retenido se lo denomina volumen residual.

II. Capacidades:

- Capacidad Pulmonar Total: es la suma de todos los volúmenes respiratorios.
- Capacidad vital: es la suma de todos los volúmenes respiratorios, excepto el volumen residual.
- Capacidad Inspiratoria: es la capacidad máxima de un individuo para inhalar aire atmosférico.

$$\text{Capacidad Inspiratoria} = VR + VIR$$

- Capacidad Residual Funcional: es el volumen de aire que queda en los pulmones después de haber eliminado el volumen respiratorio. Esta capacidad cumple una función muy importante en el organismo, ya que logra que en la sangre los niveles se mantengan estables.

$$\text{Capacidad Residual Funcional} = VER + \text{Vol. Residual}$$

❖ Movimientos y Presiones Respiratorias que intervienen en la Ventilación pulmonar:

- **Pleuras**: la función de la pleura es proteger al pulmón y también mantenerlo adosado a la pared de la caja torácica para que este no colapse. La función de mantener a los pulmones en su lugar es lograda gracias a la presión negativa que se logra por la entrada y salida de la linfa, en otras palabras, por el vaciado o llenado de la cavidad intra-pleural.

- **Presión Pulmonar:** en el momento de una inspiración el pulmón se dilata y se llena de aire. Mientras que en la espiración el pulmón retorna a su tamaño normal y deja escapar el aire inhalado, pero esta vez cargado de CO₂.
- **Presión Alveolar:** consiste en la dilatación del alvéolo cuando la pleura lleva al pulmón hacia la pared de la caja torácica. Es decir que, durante la inspiración, existe la entrada de aire, el alveolo se dilata y capta oxígeno.
- **Presión Trans-pulmonar:** es la diferencia que existe entre la presión alveolar y la presión pleural.

2. SEGUNDO EVENTO FISIOLÓGICO: DIFUSIÓN DE O₂ Y CO₂ ENTRE EL ALVEOLO Y LA SANGRE.

Ingresa a los pulmones la masa de aire cargada de O₂, este pasará a los alvéolos y finalmente será trasladado hasta la sangre, específicamente hacia los glóbulos rojos. Y será el mismo glóbulo el responsable de captar el CO₂ y llevarlo hasta el alveolo. En otras palabras en el proceso de difusión de O₂ y CO₂ entre el alvéolo y la sangre.

Existen tres leyes que rigen este evento:

- I. **Ley de Boyle (Presión con Volumen):** en los pulmones existe una temperatura y masa de aire constante. Durante la inspiración, ingresa una masa de aire atmosférico que ejercerá presión sobre aquella masa de aire que se encontraba en el pulmón, logrando que esta última disminuya. Este hecho fisiológico es lo que logra el recambio de gases entre el alveolo y la sangre.
- II. **Ley de Charles (Temperatura sobre Volumen):** el volumen y temperatura del aire que existe en los pulmones es constante; pero el aire inspirado, ingresa a una temperatura ligeramente más alta. Esta diferencia de temperatura es la que logra el aumento en el volumen del aire que existe en los

pulmones. Al aumentar el volumen se requerirá más espacio, y es aquí donde se producirá el intercambio entre el alveolo y la sangre.

III. Ley de Henry (solubilidad de los gases): se refiere a la solubilidad de los gases con el líquido que existe en los pulmones.

• **Presión de los gases:** la masa atmosférica es una mezcla de gases, entre estos tenemos:

- ✓ CO₂
- ✓ O₂
- ✓ N₂

Cada uno de estos gases ejerce una presión sobre la masa de aire atmosférico.

• **Presión Parcial de los gases:** se refiere a la presión que ejerce cada uno de los gases que se encuentren componiendo a la masa atmosférica. La presión parcial de los gases se representa con la letra P, por lo tanto existirá:

- ✓ PCO₂: Presión Parcial de C O₂
- ✓ PO₂: Presión Parcial de O₂
- ✓ PN₂: Presión Parcial de N₂

Para ser más específicos:

- ✓ PaCO₂: Presión Arterial de C O₂
- ✓ PvO₂: Presión Venosa de O₂
- ✓ PAN₂: Presión Alveolar de N₂

Determinación de la Presión:

- ✓ **Presión Total de la mezcla**
- ✓ **Proporción con que los gases forman la masa:** se expresa en porcentaje.

$$\text{Presión} = \text{Presión Total} * \text{Proporción}$$

Ejemplo:

Presión Total de la mezcla = 760mmHg

$O_2 = 20\%$

$P_{O_2} = 760 * 20\% = 152 \text{ mmHg}$

• **Gases importantes y su solubilidad:**

- ✓ CO_2 : es 24 veces más soluble que el O_2
- ✓ O_2 : altamente soluble
- ✓ N_2 : es 50% menos soluble que el O_2 .

• **Composición del Aire Atmosférico**

- ✓ CO_2 : 0.03%
- ✓ O_2 : 21%
- ✓ N_2 : 79%

Sobre el nivel del mar = 760 mmHg.

• **Factores que afectan la rapidez de la Difusión**

a. **Diferencia de Presión:** existen diferentes presiones en cada área donde ocurre la difusión de los gases, tales como: sangre arterial, sangre venosa, alvéolos y tejidos.

La diferencia de presión es lo que permite que el gas pase de los alvéolos a los capilares pulmonares

b. **Área Superficial:** en cada pulmón existe en promedio 300 millones de alvéolos, lo que representa $25-120m^2$.

En cada ciclo cardíaco, el 9% del volumen circulatorio pasa por los pulmones, específicamente por los alvéolos y es aquí donde ocurre el intercambio gaseoso; esto es representado por un 70-150ml del volumen circulatorio que pasa por los capilares en 8 segundos.

c. **Distancia de Difusión:** el espacio intersticial es el que separa al alveolo del capilar. Este espacio tiene una dimensión de 5 micras, esta proximidad muy estrecha entre alveolo-capilar es la que permite el fácil intercambio de gases.

d. **Solubilidad de los gases:** Mientras más soluble el gas, más rápido su difusión.

3. TERCER EVENTO FISIOLÓGICO: TRANSPORTE A TRAVÉS DE LA SANGRE, DE O₂ HACIA LA CÉLULA Y DE CO₂ DESDE LA MISMA

La sangre transporta O₂ hasta las células de los tejidos y, captará de estos el CO₂.

❖ **Transporte de O₂ por la sangre:**

Se considera que un 98% de la sangre se oxigena por difusión, el otro 2% de la sangre no se oxigena sino que no pasa directamente a irrigar a los bronquios y bronquiolos.

- ✓ **Hemoglobina:** gracias a esta, la sangre logra una gran capacidad para transportar O₂. La hemoglobina tiene la capacidad de aumentar el transporte de O₂ en la sangre en un 30 al 100%.

❖ **Transporte de O₂ por la sangre arterial:**

Cuando la sangre llega a los pulmones, el oxígeno aquí presente tendrá una PO₂ = 40, por otro lado en el alveolo la PO₂ = 104, es esta diferencia de presión (64mmHg) la que permite que por difusión el O₂ del alveolo pase a los capilares.

❖ **Transporte de O₂ hacia los tejidos:**

El 97% de O₂ es transportado por la sangre gracias a la hemoglobina, el otro 3% es diluido en el agua plasmática. La sangre sale de los alvéolos, pasa por los tejidos y los irriga, y es esta misma sangre la que se encargará de tomar de los mismos tejidos el CO₂ y pasarlo a la circulación venosa.

❖ **Transporte de O₂ entre los capilares y los tejidos: capacidad de saturación:**

La hemoglobina aumenta su capacidad de captar oxígeno a medida que la presión parcial del mismo aumenta. A nivel de los tejidos la PO₂ es baja, condición que permite que la hemoglobina se despoje del O₂, y este al ser liberado irá a irrigar a los tejidos.

❖ ¿Cómo se transporta el CO₂?

Existen tres formas:

I. *Disuelto en Agua Plasmática:* la célula capta el O₂ y libera el CO₂. Este CO₂ pasa a los fluidos intersticiales y posteriormente ingresará al plasma y de esta manera se transportará hasta los alvéolos. Esta forma de transporte representa un 0.3ml/dl. (7%).

Existe un 93% de CO₂ que sale de la célula e ingresa al glóbulo rojo. Este 93% a su vez es transportado de dos formas (70%-23%):

II. *En forma de Ión Carbonato:* la célula libera el CO₂ y este pasa a los glóbulos rojos. Un 70% de este CO₂ se unirá con el agua existente en el interior del glóbulo, y forma el *ácido carbónico*. Una enzima, la *anhidrasa carbónica*, logra separar al ácido carbónico en un hidrógeno y un ión carbonato. Este ión carbonato pasará al plasma intercambiándose por un Cl (existente ya en el plasma) y así se transportará hasta los alvéolos.

El hidrógeno que resultó de la separación del ácido carbónico, se unirá con la hemoglobina y se transportará de esa manera para cumplir su función a nivel de los pulmones

III. *Combinado con hemoglobina:* del CO₂ que ingresó al glóbulo, un 23% se unirá con la hemoglobina (Hgb) y formará a la *carbaminohemoglobina*, y es de esta manera como llegará hasta los alvéolos. Cabe recalcar que la carbaminohemoglobina, a diferencia del ión carbonato, no saldrá del glóbulo rojo.

❖ **Difusión del CO₂ hacia los alvéolos: importancia del O₂**

La difusión del CO₂ dependerá de cómo este ha sido transportado:

- I. ***CO₂ disuelto en Agua Plasmática:*** en el capilar pulmonar la PCO₂ = 45, mientras que el alvéolo la PCO₂ = 40, esta diferencia de presión es la que hace posible que por difusión pase el CO₂ del capilar al alvéolo.
- II. ***Carbaminohemoglobina (CO₂ + Hgb)*** (Pág. 102. Fig. 59, 60): por diferencia de presión, el O₂ del alvéolo pasa al capilar pulmonar. Este O₂ se unirá con la carbaminohemoglobina logrando acidificar a la hemoglobina. Esta acidificación permite que la hemoglobina se separe del CO₂, a esto se lo conoce como *Efecto de Haldene*. El CO₂, por diferencia de presión pasará al alvéolo.
- III. ***H + Hgb:*** por diferencia de presión, el O₂ del alvéolo pasa al capilar pulmonar. Este O₂ se unirá con el H + Hgb logrando acidificar a la hemoglobina. Esta acidificación permite que la Hgb se separe H. El O₂ que ingresó se unirá a la Hgb para ser transportado por la sangre.
- IV. ***En forma de Ión Carbonato:*** el H que quedó como resultante de la acidificación del H + Hgb, se unirá al ión carbonato y formará el ácido carbónico. Gracias a que en este nivel existe un pH ácido, el ácido carbónico se disociará en CO₂ y agua. Por diferencia de presión el CO₂ pasará al alvéolo y el agua seguirá circulando en el plasma

4. CUARTO EVENTO FISIOLÓGICO: REGULACIÓN O CONTROL DE LA MECÁNICA DE LA RESPIRACIÓN

En este proceso intervienen: el Sistema Nervioso Central y algunas sustancias químicas denominadas de tipo Humoral. Estas sustancias circulan en la sangre.

I. *Sistema Nervioso Central:* el centro nervioso de la respiración se encuentra ubicado en la médula oblongada. En el centro respiratorio existen algunas estructuras que se estimulan

cuando existen niveles altos de CO₂ o deficiencia de O₂, tales como:

a. Centro Neumotáxico: interviene controlando la fase final de la inspiración. Este centro recibe un estímulo del Grupo Respiratorio Dorsal, luego de esto, el Centro Neumotáxico enviará un estímulo al Grupo Respiratorio Ventral.

b. Centro Apnéustico: tiene como función mantener o llevar un control de los ciclos respiratorios complementarios. También se le atribuye el mantenimiento de la uniformidad o coordinación de los ciclos respiratorios complementarios.

c. Grupo Respiratorio Dorsal interviene estimulando la actividad inspiratoria. El grupo respiratorio dorsal posee dos tipos de células:

- ✓ Células de Unidad 1: estimulan a las motoneuronas frénicas, las cuales hacen que se produzca la contracción del diafragma durante la inspiración. Estas células envían un estímulo al Centro Neumotáxico y también estimulan a las células respiratorias del Grupo Respiratorio Ventral.
- ✓ Células de Unidad 2: estas células son estimuladas por los receptores pulmonares. Es decir, cuando los alvéolos se llenan de aire, los receptores pulmonares envían un estímulo al Grupo Respiratorio Ventral para que concluya la inspiración.

Cabe recalcar que el Grupo Respiratorio Dorsal tiene sólo células inspiratorias.

d. Grupo Respiratorio Ventral tiene células:

- ✓ Inspiratorias
- ✓ Espiratorias

Estas células tienen dos núcleos:

- ✓ Núcleo Ambiguo: influyen en el control de los músculos accesorios que intervienen durante la respiración. Esta acción es más dirigida hacia los músculos de la laringe.

- ✓ *Núcleo Retro ambiguo*: estimula a las motoneuronas frénicas e intercostales. Estas células tienen una función especial, ya que se les atribuye la continuidad del ciclo respiratorio.

Dentro del núcleo retro ambiguo tenemos:

Células de Disparo Temprano: estas células se estimulan o se activan una vez producida la inspiración, y tendrán su máxima acción o función hasta las primeras etapas del ciclo respiratorio. Este disparo temprano estimula o excita a las células espiratorias tardías y estas a su vez son las que terminan con el proceso de inspiración.

Al mismo tiempo de declinación del pico de acción de las células de disparo temprano, estas inhiben a las células espiratorias. Estas células espiratorias inhibidas hacen que se provoque un estímulo hacia las motoneuronas intercostales para que se inicie la espiración. También se estimulan las células espiratorias abdominales.

Una vez que se produzca el llenado de aire en los pulmones, los receptores pulmonares enviarán un estímulo a las células espiratorias para que cese la inspiración.

Células Inspiratorias Tardías: en el caso del caballo la inspiración la realiza en dos tiempos ya que existe un retraso en la descarga de las neuronas inspiratorias tardías.

En algunas ocasiones el control de la mecánica respiratoria no se lleva de manera eficiente, provocando que los alvéolos se sobrellenen de aire. En este caso los receptores alveolares enviarán un segundo estímulo para así lograr incitar al Grupo

Respiratorio Dorsal para cesar la inspiración. El Grupo Respiratorio Dorsal enviará un mensaje al Centro Neumotáxico y este centro a su vez estimulará al Grupo Respiratorio Ventral para que se produzca la espiración. A esto se lo conoce como *Reflejo Herin Brewer*.

II. Control Humoral: aquí intervienen

- **CO₂:** cuando el nivel de CO₂ son altos, existe un incremento en la ventilación pulmonar. Si los niveles de CO₂ son bajos, existe una disminución en la ventilación pulmonar.
- **H:** cuando se incremente el nivel de H, se incremente la ventilación pulmonar. Cuando hay bajos niveles de H, existe una disminución en la ventilación pulmonar.
- **O₂:** si el O₂ está en altos niveles, la ventilación pulmonar disminuirá. Si los niveles de O₂ son bajos, la ventilación pulmonar incrementará.

Tanto el CO₂, H como el O₂, irán a actuar a un área que está cerca del centro respiratorio, *Área Quimiosensible*.

Esta área tiene receptores que reciben estímulos para aumentar o disminuir la frecuencia respiratoria.

El área Quimiosensible va a estar en relación directa con el Grupo Respiratorio Dorsal.

MECANISMO DE ESTIMULACIÓN

En el cerebro existe una barrera que está formada por el líquido cefalorraquídeo. Esta barrera tiene como función el control del paso de ciertas sustancias hacia el cerebro.

- **Hidrógeno:** el hidrógeno que circula como tal por la sangre no es el que estimulará al centro quimio sensible ya que no podrá atravesar por si solo la barrera de líquido cefalorraquídeo.
- **CO₂:** el CO₂ que circula en la sangre sí podrá penetrar la barrera. Una vez dentro este CO₂ se unirá con el agua que se encuentra constituyendo parte del líquido cefalorraquídeo y formará el

ácido carbónico, luego este será desdoblado (sin la presencia de la anhidrasa carbónica) en carbonato e hidrógeno. Y será este hidrogeno resultante el que actuará sobre el área quimio sensible.

MECANISMO DE ACCIÓN DEL OXÍGENO

El O_2 no interviene estimulando el área quimio sensible pero su acción se verá en los grandes vasos. Es en estos grandes vasos donde existen receptores periféricos los cuales detectan cuando existe una concentración baja de O_2 en la sangre. Los receptores periféricos enviarán una señal al centro respiratorio para que se efectúe la inspiración para que se pueda suplir esta insuficiencia de O_2 .

APARATO CIRCULATORIO

FUNCIÓN

La función del Aparato Circulatorio es la de mantener la sangre en constante movimiento, es decir, mantener la circulación sanguínea en forma activa permanente, con la finalidad que se pueda producir el intercambio de: líquidos, nutrientes, electrólitos, O₂, CO₂ y metabolitos de desechos entre los tejidos y la sangre.

UNIDAD FUNCIONAL

El Aparato Circulatorio tiene por unidad funcional a:

- Corazón
- Vasos sanguíneos.

Por la forma como está conformado y por la función que tiene el Aparato Circulatorio, se establecen dos tipos de circulación:

- ***Circulación Pulmonar o Circulación Menor:*** es el intercambio de sangre entre el corazón y los pulmones.
- ***Circulación Mayor:*** intercambio de sangre entre el corazón y el resto de los tejidos del organismo.

CORAZÓN

Se lo considera fisiológicamente como una bomba impulsadora. Se lo divide en corazón derecho y corazón izquierdo, cada uno de estos tiene sus respectivas aurículas y ventrículos.

- ***Corazón derecho:*** recibe sangre cargada con CO₂, esta sangre ingresará por la vena cava, superior e inferior, al ventrículo derecho y de aquí pasará hacia los pulmones por la arteria pulmonar.
- ***Corazón izquierdo:*** recibe sangre cargada de O₂ que llega desde los pulmones a través de las venas pulmonares a la aurícula izquierda, posteriormente esta sangre pasará al ventrículo

izquierdo desde donde se impulsará la sangre hacia el resto del organismo por la arteria aorta.

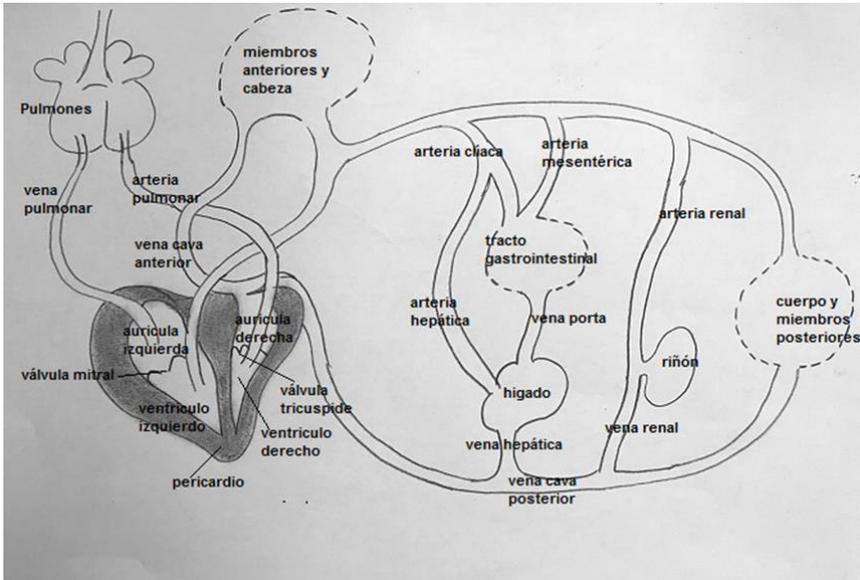


Figura # 22. Circulación mayor y circulación menor

AURÍCULAS Y VENTRÍCULOS

- **Aurículas:** constituyen un reservorio de sangre y también ayudan a contribuir al cerrado de las válvulas *atrio-ventricular*, y a completar el llenado ventricular. En las aurículas no existen válvulas que controlen la llegada de sangre hacia las mismas. En el límite entre la aurícula y el ventrículo existen válvulas, estas válvulas se encuentran sostenidas por un anillo de tejido fibrocartilaginoso, el cual tiene como función separar las aurículas de los ventrículos. Este anillo juega un papel importante en el sistema de conducción de los estímulos del corazón. Las paredes de las aurículas son finas y elásticas.
- **Ventrículos:** son de paredes gruesas, especialmente el ventrículo izquierdo cuyo espesor, que, debido a su función, es tres veces mayor que el ventrículo derecho. En los ventrículos encontramos válvulas, las cuales tienen como función dirigir y

coordinar de manera apropiada la sangre hacia los sitios correspondientes, según se presente el caso.

VÁLVULAS

- La válvula que existe entre la aurícula y el ventrículo del corazón derecho se llama *Válvula Tricúspide*.
- La válvula que se existe entre la aurícula y el ventrículo del corazón izquierdo se llama *Válvula Mitral o Bicúspide*.

Ambas tienen forma de lengüeta y su función es evitar que la sangre regrese hacia las aurículas durante la contracción ventricular. También se las conoce como válvulas sigmoideas o semilunares.

Existen otras válvulas que están en la arteria:

- ***Válvula Pulmonar:*** ubicada en el ventrículo derecho.
- ***Válvula Aórtica:*** ubicada en el ventrículo izquierdo.

La función de estas válvulas es la de evitar el reflujo de sangre hacia los ventrículos durante la relajación del corazón.

MÚSCULOS CARDÍACOS

El corazón tiene tres tipos de músculos:

Músculos Auriculares

Músculos Ventriculares

Tanto los músculos auriculares como los ventriculares se contraen en forma similar a los músculos esqueléticos, es decir, reaccionan al estímulo eléctrico, la diferencia radica en la distribución de las células. Las células de los músculos del sistema esquelético se disponen por separado, característica que permite que en el momento del estímulo eléctrico se pueda estimular una sola célula. Mientras que las células de los músculos cardíacos se encuentran dispuestas con algún tipo de

conexión, esta conexión logra que en el momento que se produzca el estímulo eléctrico las células reaccionarán en cadena.

Músculos de Conducción: es considerado un sistema especial de músculos. Estos músculos tienen la capacidad de generar y transmitir impulsos eléctricos, por esto se lo conoce como Sistema de Conducción o Marcapaso.

Este sistema, pese a tener relación inervada con el Sistema Nervioso Central puede actuar de manera independiente a este.

El Sistema de Conducción está formado por:

- **Nodo o Nódulo Sinusal o Sinoauricular:** este se encuentra ubicado en la aurícula derecha, más o menos a la altura de la entrada de la vena cava. Este nódulo también es llamado Centro Primario
- **Tractos Internodales:** estos se desprenden del Nódulo Sinusal. Se los denomina así porque comunican al Nodo Sino auricular con el Nodo Aurículo-Ventricular o también llamado Atrio Ventricular.
- **Has de His:** este se desprende del nodo Aurículo-Ventricular, este es un has de fibra muscular. Esta Has se bifurcará y formará a las **ramas derecha e izquierda**. A su vez estas ramas se bifurcarán y formarán los llamados **Fascículos de Tawara anterior y posterior**. De estos fascículos saldrán otras fibras que penetrarán a cada célula muscular llamadas **Fibras de Purkinje**.

MARCAPASO Y SISTEMA DE CONDUCCIÓN

❖ **¿Cómo se genera y transmiten los impulsos y en qué tiempo ocurren?**

El impulso se inicia o se genera en el Nodo Sinusal, luego esta onda se difundirá primera por la Aurícula Derecha hasta llegar a la base de la misma aurícula (*tiempo estimado* 0.3 segundos). Con este primer impulso se logra la contracción de la aurícula derecha. Posteriormente este estímulo pasará a la aurícula izquierda. Por esta razón se considera que la aurícula derecha se contrae primero

que la aurícula izquierda con una diferencia de 0.3 segundos. Luego de que la onda haya empezado en el nodo Sinoauricular, pasará a estimular al nodo Aurículo-Ventricular (*tiempo estimado* 0.12 segundos), el anillo fibroso que existe a este nivel permitirá que la velocidad del impulso disminuya hasta llegar a los ventrículos (*tiempo estimado* 0.16 segundos). A diferencia de las aurículas, los ventrículos se contraerán de manera simultánea. El estímulo o impulso recorrerá los ventrículos en un tiempo estimado de 0.21/0.22 segundos, esto dependerá de cada especie.

CICLO CARDÍACO

Producto del Sistema de Conducción, el corazón se contraerá y se dilatará. El ciclo cardíaco está formado por:

- **Fase Sistólica:** corresponde a la contracción del corazón, y es cuando se produce el impulso de la sangre hacia la dirección que corresponda.
- **Fase Diastólica:** tiene relación con la fase de relajación del corazón.

AURÍCULAS COMO BOMBAS

Las aurículas tienen como función contribuir al llenado de los ventrículos. Cuando las aurículas se llenan y se produce la diástole ventricular, las válvulas atrio-ventriculares se abren, dejando pasar la sangre que estaba almacenada en la aurícula a los ventrículos para llenarlos en un 75% (el paso de la sangre desde la aurícula hacia el ventrículo se logra por presión, ya que esta logra abrir las válvulas). Luego de que se haya producido el primer vaciado, las aurículas se volverán a llenar de sangre, esta sangre con una contracción auricular pasará a los ventrículos para llenarlos en un 25% más.

Se ha establecido que el corazón desde el punto de vista normal, impulsa más sangre de lo que el organismo requiere por lo tanto existe un exceso de 300-400%. Esto hace que el organismo funcione normalmente aun si las aurículas no se contraigan.

VENTRÍCULOS COMO BOMBA

Se describen tres procesos: llenado, contracción, vaciado.

❖ **Llenado:** La diástole ventricular se divide en 3 tiempos:

- Llenado Rápido: primer tercio
- Llenado lento: segundo tercio

Durante los dos primeros tercios ocurre la apertura de las válvulas aurículo ventriculares y por lo tanto llenado ventricular en un 75%. Aquí no ocurre contracción auricular.

- Llenado Total: tercer tercio. Aquí ocurre llenado ventricular, gracias a la contracción auricular, en un 25%

❖ **Contracción:**

Una vez que ya ha ocurrido el llenado ventricular, se generará un impulso por parte del sistema de conducción logrando la contracción ventricular. Pero esta primera contracción ventricular no será suficiente para expulsar la sangre hacia los tejidos, ya que la presión aquí ejercida no logrará abrir ni la válvula aórtica ni la pulmonar, a este período se lo denomina **Periodo Isovolumétrico** el cual dura de 0.02 a 0.03 segundos.

❖ **Vaciado:**

Para el vaciado ventricular deberá existir una presión acumulada en el:

- Corazón Izquierdo: de 80 mmHg de presión.
- Corazón Derecho: de 8 mmHg de presión

En el primer tercio del periodo de eyección se impulsa hacia los tejidos aproximadamente el 70% de la sangre de los ventrículos, y el otro 30% se transporta por *hemodinámica*, es decir, que es arrastrada por la sangre que fue impulsada inicialmente.

ELECTROCARDIOGRAMA: Reflejo del Ciclo Cardíaco

- P** Representa la contracción de las aurículas. En el electrocardiograma se puede distinguir la contracción de cada aurícula.
- PQ** Es el tiempo que toma el impulso en ir desde la aurícula al ventrículo, es decir, desde el nódulo aurículo ventricular hasta el Haz de His
- QRS** Es el tiempo que toma el impulso en ir desde el Haz de His hasta las fibras de Purkinje y se marca el fin del estímulo fuerte (el ventrículo derecho tiene 80mm de Hg de presión).
- S** Aquí ocurre el cese del estímulo fuerte
- ST** Es un remanente de energía del corazón, marca la salida del 30% sangre del ventrículo.
- TU** Marca una pausa cardíaca y el inicio de la diástole ventricular y una vez concluida se inicia nuevamente el ciclo.

CICLO CARDIACO

Existen 2 factores que intervienen en el ciclo cardíaco:

- **Ritmo o Latido Cardíaco:** Es el intervalo de tiempo que existe entre un ciclo cardíaco y otro. Desde el punto de vista fisiológico y normal, el tiempo debe ser muy similar entre ciclo y ciclo.
- **Frecuencia:** Es el número de ciclos que se producen durante un minuto.

REGULACIÓN DEL CORAZÓN COMO BOMBA

El corazón tienen dos mecanismos para que se bombee más sangre y poder así satisfacer la demanda de O₂ y nutrientes en el caso de que se requieran más cantidad de los mismos.

1. Mecanismo Intrínseco o de Frank-Starling.- Normalmente la cantidad de sangre que llega a las aurículas está regulada por los diferentes tejidos, esta sangre que se conoce como Retorno Venoso es la que regula la cantidad de sangre que sale del corazón y llega hacia los tejidos.

Cuando el organismo demanda más sangre, serán los tejidos quienes enviarán más sangre hacia el corazón. De esta manera la aurícula recibirá más sangre de lo que comúnmente recibía, por lo tanto ocurrirá la dilatación de la misma. La aurícula tiene la capacidad de recibir hasta un 20% más de sangre. Posteriormente esta sangre que llegó a la aurícula pasará al ventrículo, este también incrementará de tamaño para poder recibir a aquella sangre que llegó de más a la aurícula. Esta dilatación del ventrículo, logra que se estimulen los filamentos de *actinmiosina* para que de esta manera exista un incremento en la contracción ventricular con la finalidad de que toda la sangre sea expulsada hacia los tejidos correspondientes. La cantidad de sangre que sale del corazón hacia los tejidos correspondiente se la denomina Gasto Cardíaco.

2. Mecanismo del Sistema Nervioso Autónomo.- El corazón está inervado por el Sistema Nervioso Autónomo, este a su vez presenta dos divisiones: Fibras del Sistema Simpático y Fibras del Sistema Parasimpático o Vago. Las terminaciones nerviosas del Simpático inervan las aurículas y los ventrículos. En tanto que las terminaciones nerviosas del Parasimpático inervan principalmente la aurícula y se concentra más a nivel de los

nódulos sinusal y atrio ventricular, también inerva a los ventrículos pero de una forma mínima.

Cuando se estimula el nervio Simpático, el gasto cardíaco se puede incrementar hasta en un 100%. Mientras que cuando se estimula el nervio Parasimpático el gasto cardíaco puede descender hasta en un 0%.

- Estímulo del Simpático: bajo condiciones normales, el nervio simpático contribuye hasta un 30% en el gasto cardíaco, esto se debe a que las fibras simpáticas secretan un neurotransmisor llamado *norepinefrina*, este tiene un efecto sobre las fibras del corazón, logrando que este incremente su permeabilidad de Na y Ca.

✓ *Función del Sodio:* Desde el punto de vista normal el Na se le atribuye la generación de los estímulos a nivel del Nodo Sinusal, del Nodo Aurículo-Ventricular y Tractus Internodales. El Na interviene también en el sistema de marcapasos.

Si hay un estímulo de las fibras simpáticas existe un aumento de hasta el 200% de la frecuencia cardíaca.

✓ *Función del Calcio:* actúa a nivel de las miofibrillas del músculo cardíaco. El Ca, aunque en menor proporción, fortalece la acción del Na.

- Estímulo del Parasimpático: la división parasimpática secreta el neurotransmisor denominado *acetilcolina*. Este neurotransmisor tiene por función incrementar la permeabilidad del K del sistema de marcapasos. El K inhibe la transmisión de los impulsos que se generan en el Nódulo Sinusal, a esta inhibición se la conoce como *Fenómeno de Hiperpolarización*.

Cuando existe un estímulo por encima de lo normal, las contracciones cardíacas pueden bajar a un 30% y el gasto

cardíaco disminuye en un 50%. Este efecto también se puede apreciar cuando se utilizan ciertos productos anestésicos.

VASOS SANGUÍNEOS

❖ **Funciones:**

- Transporte de nutrientes
- Transporte de desechos
- Transporte de hormonas

❖ **Clasificación de los vasos sanguíneos:**

- Arterias: Transportan sangre, tienen alta presión
- Arteriolas: ramas pequeñas, poseen control valvular
- Capilares: Aquí se produce el intercambio
- Vénulas: recogen sustancias de desecho y productos no utilizados
- Venas: son de mayor diámetro y llevan la sangre hacia el corazón

PRESIÓN SANGUÍNEA

A nivel de los distintos vasos sanguíneos existen diferentes presiones, siendo mayor a nivel de la aorta y menor en venas pulmonares.

DISTRIBUCIÓN DEL GASTO CARDÍACO

No todos los tejidos requieren de la misma cantidad de sangre.

CONTROL DEL FLUJO SANGUÍNEO

Cada órgano o tejido controla el flujo sanguíneo en función a su actividad y necesidad de:

- Transportar O₂ a los tejidos
- Transportar otros nutrientes: glucosa, aminoácidos, ácidos grasos.

- Remover CO₂ desde los tejidos
- Remover el ión H⁺ de los tejidos
- Mantener la concentración adecuada de otros iones en los tejidos
- Transportar hormonas

MECANISMOS DE CONTROL

Existen:

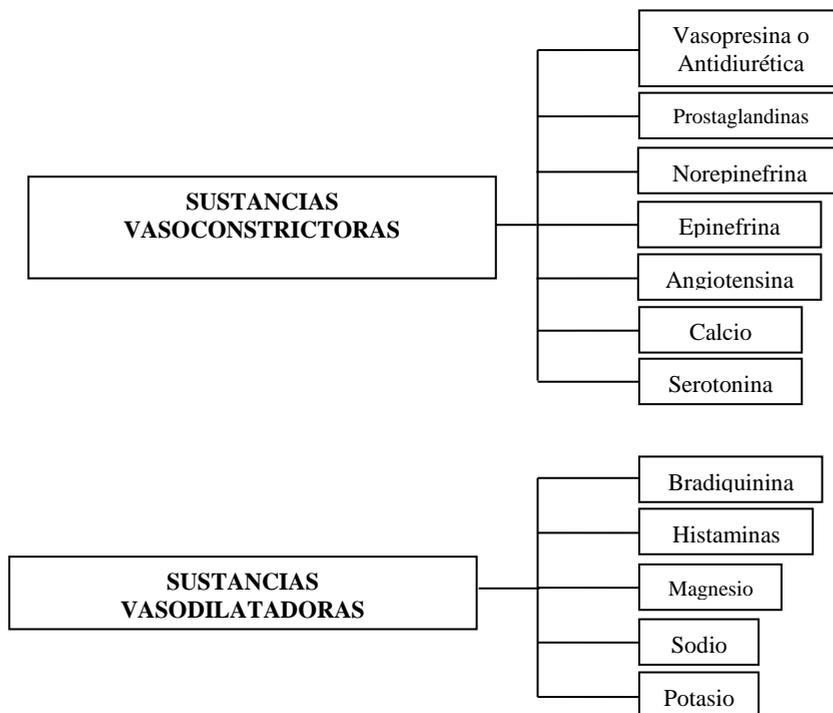
❖ **Mecanismo de corta duración:** lo utiliza el organismo cuando existen cambios temporales en el metabolismo o en la disponibilidad de oxígeno. Se denomina así porque el organismo reacciona de manera inmediata para satisfacer la demanda. Si el metabolismo aumenta, también se incrementa el flujo sanguíneo, pero no en forma lineal. Existen 2 teorías que sostienen cómo es que los tejidos regulan el flujo de sangre hacia ellos:

- Teoría Vasodilatadora.- Cuando el organismo demanda más nutrientes, la cantidad de metabolitos es mayor, los cuales regresan por las arterias ocasionando que se dilaten y permiten el paso de más sangre hacia la célula. Las arteriolas poseen unos esfínteres que se dilatan y regulan el paso según la necesidad.
- Teoría de la demanda de O₂.- Cuando existe más demanda de oxígeno, las células liberarán K, el cual tiene un efecto vasodilatador a nivel de los esfínteres ocasionando así que aumente la afluencia de sangre hacia los tejidos que requieren de más O₂. A este mecanismo se lo conoce como *hiperemia*, la cual puede ser activa o reactiva.
 - ✓ *Reactiva:* se produce cuando existe un bloqueo en algún tejido u órgano, lo cual provoca que se evite la llegada de sangre. La obstrucción ocurrirá en arterias medianas, nunca en las grandes.

✓ *Activa*: presenta un incremento en la actividad del órgano y en la circulación de K, lo que ocasiona que se dilaten los esfínteres para que haya más afluencia de sangre.

❖ **Mecanismo de larga duración**: se presenta cuando hay hipertrofia de un órgano, en este caso aumenta la irrigación, es decir, aumenta la cantidad de capilares para que llegue más sangre, a este aumento de capilares se lo conoce como *Angiogénesis*, se da porque a medida que crece el órgano también aumenta la necesidad de sangre.

❖ **Control Humoral**: estas son sustancias que circulan en la sangre.



❖ **Control Nervioso:** el flujo sanguíneo está controlado por el Sistema Nervioso Autónomo

- Rama Simpática tiene una función vasoconstrictora, estimula. Estas inervan todos los vasos sanguíneos, excepto los capilares y los esfínteres pre-capilares, estas fibras son las más importantes en la regulación del flujo sanguíneo. Las fibras simpáticas se encargan de la redistribución del torrente sanguíneo, ya que por su vasoconstricción disminuye la luz de las arteriolas de los órganos que menos necesitan y entonces la sangre fluirá hacia los órganos de mayor demanda.
- Rama Parasimpática: tiene una función vasodilatadora, inhibe. Estas actúan más a nivel de corazón.

CENTRO VASOMOTOR

- Se encuentra ubicado en la médula oblongada. Las fibras de este centro se ponen en contacto con las terminaciones nerviosas del Nervio Simpático.
- Las terminaciones nerviosas Simpáticas están más distribuidas a nivel de riñón, estómago, bazo y piel, y en menor proporción en los músculos esqueléticos y el cerebro.

Áreas del Centro Vaso Motor: posee dos áreas, ambas intervienen en la comunicación con el sistema nervioso autónomo (fibras simpáticas)

1. Área Vasoconstrictora: cuando ésta se estimula, libera *norepinefrina*. Esta *norepinefrina* se transmite a través de los nervios que salen del centro vaso motor y llegan a las fibras simpáticas de los vasos sanguíneos, provocando así el estímulo de la vasoconstricción.
2. Área Vasodilatadora: cuando ésta se estimula, produce la inhibición de la secreción de *norepinefrina* que se produce en el centro vaso motor. Esto logra que llegue menor transmisor

a las fibras simpáticas y por lo tanto la vasoconstricción se inhibirá.

IRRIGACIÓN DEL CORAZÓN

El corazón tiene un sistema de irrigación propio, el cual está dado por las arterias y venas coronarias. Las coronarias nacen a continuación de donde se encuentra la válvula aorta. Durante la sístole ventricular la sangre saldrá por la aorta, posterior a la sístole habrá una relajación del corazón y es en ese momento que por reflujo entrará sangre a las coronarias dándose así la irrigación del corazón, con esta sangre que entra el corazón se verá permitido a captar oxígeno y nutrientes.

Estudios indican que no siempre más sangre ingresa por la arteria coronaria derecha que por la izquierda.

Una pequeña porción de sangre ventricular pasará a irrigar directamente al endocardio por medio de los capilares que se encuentran a este nivel.

En la aurícula derecha encontramos el *seno coronario*, que es por donde desembocan las venas coronarias. El 75% de la sangre que irriga el corazón sale por el seno coronario y el 25% sale por otras venas que también desembocan en la aurícula derecha pero no llegan al seno coronario.

Así mismo, una mínima cantidad de sangre sale directamente hacia el ventrículo derecho, es por esto que se dice que prácticamente el 100% de la sangre llega a la aurícula.

CONTROL DEL FLUJO SANGUÍNEO

Si la actividad del corazón se incrementa, habrá un incremento en la necesidad de O₂ y en la eliminación de CO₂.

- **Adenosina:** es una sustancia vasodilatadora la cual tiene efecto sobre los vasos del corazón, permitiendo que el flujo de sangre sea mayor. La adenosina también está presente en las arterias.

- **SNC:** también interviene en el control del flujo, este control lo realiza de las siguientes maneras:
 - ✓ **Directamente:** a través de la secreción de acetilcolina y norepinefrina.
 - ✓ **Indirectamente:** a través de los cambios en el retorno venoso.

SONIDOS CARDÍACOS

El conocimiento de los sonidos cardíacos es muy útil ya que de esta manera podemos determinar el funcionamiento normal del corazón. Entre los sonidos cardíacos tenemos:

- **LUB:** primer sonido cardíaco. Este se produce cuando se cierran las válvulas atrio-ventriculares. Ocurre durante la sístole ventricular
- **DUB:** segundo sonido cardíaco. Se produce cuando ocurre el cierre de las válvulas pulmonar y aórtica.
- **Tercer sonido cardíaco:** ocurre en durante el primer tercio de la diástole auricular.
- **Cuarto sonido cardíaco:** ocurre en la sístole auricular.

APARATO URINARIO

FUNCIONES

- Excretar los productos metabólicos de desecho.
- Regulación del volumen y composición del medio interno del organismo.
- **Producción de hormonas:** intervienen en la regulación de la dinámica sistemática (circulación) y del riñón particularmente.
- Interviene en la hidrólisis de pequeños péptidos
- Interviene en el metabolismo del calcio y fósforo
- Metabolismo de los huesos
- Formación de glóbulos rojos
- Evita la pérdida de aminoácidos, elimina la acción de algunos péptidos tóxicos y regulan los niveles de algunas hormonas peptídicas en la sangre.

ANATOMÍA DEL APARATO URINARIO (figura# 23)

RIÑONES

Son los órganos principales del aparato urinario. Están conformados por la cápsula suprarenal ubicada en el polo anterior del riñón. Esta cápsula recubre a las glándulas suprrenales que son las que producen hormonas como las denominadas: noradrenalina, glucocorticoides, mineral corticoides y algunas hormonas sexuales.

Estructura interna del riñón

Hilio Renal

Orificio ubicado en el centro del riñón y por donde entran y salen las arterias, venas, nervios y uréteres.

La *arteria renal*, es una ramificación de la arteria aorta abdominal. Esta ingresa al riñón y se ramifica para ir a conformar a los glomérulos renales.

La *vena renal*, se origina a partir de las vénulas que salen de los glomérulos, esta desemboca en la vena cava posterior.

Cápsula Renal

Membrana de tejido epitelial y de consistencia fuerte que recubre al riñón.

Corteza Renal

Es de consistencia compacta, formada por un tejido de células compactas, y se encuentra por debajo de la cápsula renal. En la corteza renal encontramos ubicados los Corpúsculos de Malpighi

Médula Renal

Conformado por las pirámides de Malpighi, donde desembocan los conductos colectores de la orina. Estos llegan hasta las papilas renales y esta lleva la orina hacia los cálices renales menores y luego a la papila renal, posteriormente a los cálices mayores y de ahí a la pelvis renal.

a. Nefrona o Nefrón

Es la unidad funcional del riñón, aquí se produce el filtrado y por lo tanto la formación de la orina. Está conformada/o por:

- Corpúsculo de Malpighi: está formado por arteriolas que están dispuestas de manera contorneada. Este a su vez contiene a:

✓ *Cápsula de Bowman*: protege a los glomérulos.

- ✓ *Espacio de Bowman*: se encuentra entre la cápsula y el glomérulo. Aquí es donde se produce el primer filtrado glomerular
- ✓ *Glomérulo*: conformado por arteriolas dispuestas a manera contorneada
- ✓ *Arteria eferente*: entra sangre al glomérulo.
- ✓ *Arteria deferente*: sale sangre del glomérulo.
- ✓ *Membrana porosa*: permite el filtrado (membrana basal-glomerular).
- ✓ *Aparato Yuxtaglomerular*: se encuentra en las paredes de las arteriolas, este interviene en la regulación del funcionamiento del riñón.
- Túbulo Contorneado Proximal: aquí ocurre la mayor parte de la absorción.
- Túbulo Contorneado Distal: aquí se produce un mecanismo de secreción y reabsorción.
- Asa de Henle: es la parte más fina de la nefrona.
- Conducto Colector: por aquí pasa prácticamente la orina ya formada.
- Conducto de Bellini: se comunica con los cálices menores.

URÉTERES

Conductos irregulares, que se originan a partir de la pelvis renal y llegan hasta la vejiga urinaria. Su función es la de transportar a la orina.

VEGIGA URINARIA

Órgano receptáculo en el que se almacena la orina formada en los riñones.

URETRA

Conducto por el que sale la orina hacia el exterior

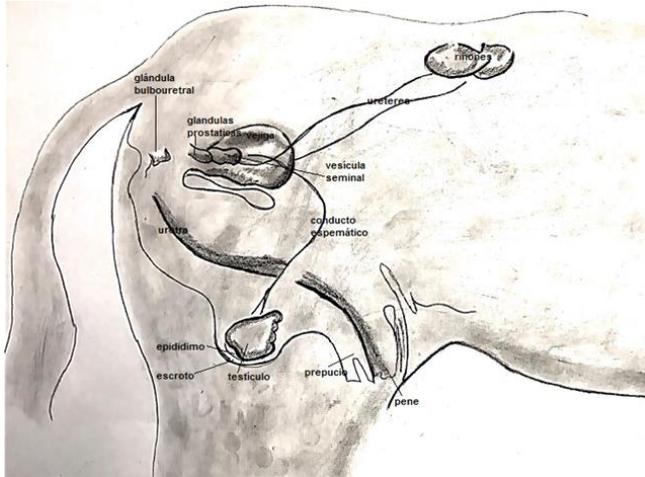


Figura # 23. Anatomía aparato excretor

SISTEMAS DE PRESIÓN

Las ramificaciones de la arteria renal salen del corpúsculo de Malpighi y envuelven a la parte tubular de la nefrona, razón por la cual se produce dos mecanismos de presión.

- **Mecanismo de alta presión:** se produce en el momento que las arterias entran al glomérulo, aquí se produce el filtrado de la sangre.
- **Mecanismo de baja presión:** se produce cuando las arterias salen del glomérulo, disponiéndose alrededor de la parte tubular de la nefrona.

PROCESOS DE FORMACIÓN DE LA ORINA

La formación de la orina se basa en tres procesos:

FILTRACIÓN GLOMERULAR

Para que se produzca debe existir una presión que será ejercida por el corazón, esta presión es la que permitirá la filtración. La sangre ingresará por la arteria eferente y recorrerá el glomérulo renal; es aquí donde actúa la membrana basal-glomerular que recubre el glomérulo. Esta membrana por ser semipermeable permitirá el paso de sustancia de desecho y de plasma al espacio de Bowman (este filtrado ocurrió gracias a la presión sanguínea ejercida por el corazón).

El filtrado glomerular es una sustancia parecida a la sangre, con la diferencia que la primera no contiene:

- ✓ Sustancias coloides
- ✓ Células sanguíneas.

Estos dos componentes no se filtran, por ser de un peso molecular \geq a 70.000. Otros elementos que no se filtran por tener el mismo peso molecular, son las proteínas plasmáticas, sin embargo:

- ✓ *Albumina*: si pasa la membrana basal-glomerular ya que su peso molecular es de 69.000. Pero su filtrado es mínimo ya que su concentración en la orina es apenas del 0.26% a 0.3%.
- ✓ *Hemoglobina*: si pasa debido a que su peso molecular es de 68.000. Su concentración en la orina también es baja, y está representada por un 5%.
- ✓ También se filtran *péptidos y aminoácidos*.

Lo que no se filtra continuará circulando por el glomérulo hasta desembocar por su arteria eferente.

¿Por qué se produce el filtrado?

La sangre ingresa al glomérulo, con una presión de 6mm Hg, permitiendo el filtrado del plasma. También existe una presión antagónica que es ejercida por la cápsula de Bowman, esta impide

o evita que el filtrado (plasma) salga tan rápido. Esta presión contraria es de 50mm Hg, y está formada por:

50mmHg	18mm Hg: presión ejercida por sustancias hidrolíticas
	32mm Hg: presión ejercida por solutos de coloides

Distribución de la sangre en los glomérulos

- Flujo Sanguíneo Renal (FSR): Es la sangre que ingresa al riñón por medio del glomérulo. Está representado por el 20% del gasto cardíaco y de este porcentaje una parte pasará a irrigar el parénquima renal. En otras palabras, el FSR, es la cantidad de plasma que entra al riñón.
- Flujo Plasmático Renal (FPR): este es una parte del FSR. El FPR se mide en ml/min.
- Tasa del Filtrado Glomerular (TFG): es la cantidad de filtrado que sale de los vasos glomerulares. Se mide en ml./min.

- Fracción del Filtrado: es la porción del plasma que forma el filtrado vs. la cantidad de plasma existente en la sangre.

$$\mathbf{FF = TFG / FPR}$$

Autorregulación del Filtrado

- a. Mecanismo de Regulación Miógena: al aumentar el flujo sanguíneo que llega al glomérulo, se incrementa el filtrado, debido a que los poros existentes en las arteriolas del glomérulo se dilatan. Luego de esta dilatación, los poros de las arteriolas se contraerán, regularizándose así el flujo de sangre que ingresa al glomérulo.
Este mecanismo ocurre cuando la presión sanguínea aumenta, y funciona de forma autónoma.

- b. Mecanismo Yuxtaglomerular: este se activa cuando la sangre que llega al glomérulo disminuye, por lo tanto existirá menor filtrado (TFG). Este mecanismo estimulará al aparato yuxtaglomerular (existente en las arteriolas), a secretar una enzima llamada *Renina*, la que estimulará a una proteína llamada *Angiotensinógeno*. Esta proteína estimulará a secreción de *Angiotensina I*, la que rápidamente se transformará en *Angiotensina II*. Esta última, incrementará la absorción de sodio y agua a nivel renal, provocando el aumento del flujo plasmático. También las arteriolas eferentes se constreñirán para normalizar el filtrado.

- **Na**: interviene en la reabsorción de líquidos y agua
- **Angiotensina II**: constriñe

Carga del Soluto en el Riñón

El filtrado glomerular lleva consigo solutos, cuya carga plasmática se mide en mg/min.

Carga Plasmática: cantidad de soluto que va en el plasma

Ejemplo:

Glucosa:

- ✓ *Concentración plasmática*: 80mg/dl.
- ✓ *FPR*: 200ml./min. = 2dl/min
- ✓ *Carga plasmática* ?

Carga plasmática = 2dl. X 80mg. = 160mg/min. Esto representa la cantidad de glucosa que llega al glomérulo

❖ Carga Tubular

Es decir: de lo que está en el plasma, cuánto llega al túbulo

Ejemplo:

Glucosa:

- ✓ *FPR*: 2dl./min.
- ✓ *Concentración plasmática de glucosa*: 80mg./dl.
- ✓ *TFG*: 0.4dl/min.
- ✓ *FF*: $0.4/2 = 1/5$
- ✓ *Carga tubular* ?

Carga tubular = $0.4\text{dl}/\text{min} \times 80 \text{ mg./dl.} = 32\text{mg./min}$

Carga tubular = $1/5 \times 160$ (carga plasmática) = 32mg./min

REABSORCIÓN TUBULAR

Esto ocurre a nivel del túbulo contorneado proximal, ya que a este nivel existen células dispuestas de manera contraria al flujo renal. A nivel del túbulo contorneado también existen estas células, pero la reabsorción ocurrirá en menor proporción que en túbulo contorneado proximal.

En los bovinos se forman 550 litros/día de pre-orina, y la capacidad de reabsorción que tiene el túbulo contorneado proximal es de 470 litros (que equivale a un 85%), produciendo de 6 a 12 litros de orina al día.

En el perro ocurre una reabsorción tubular del 99.08%. En promedio se considera que en todas las especies las 2/3 partes de la orina se reabsorben en el túbulo contorneado proximal y el 1/3 en el túbulo contorneado distal.

El bovino reabsorbe 4Kg. de NaCl y 1.5Kg. de Carbonato de Sodio

¿Cómo se produce la Reabsorción?

Existen tres mecanismos que permiten que los solutos (sustancias nutritivas) pasen a los capilares peritubulares. Entre las células de la pared tubular y las células del capilar peritubular existe el

espacio extracelular, donde hay líquido extracelular, y por el cual circulan las sustancias desde el túbulo hacia el capilar.

Entre los mecanismos de transporte activo (requieren de ATPasa) tenemos:

- a. Uniporte: Tomamos de ejemplo al Na, por ser el ión más importante en el proceso de reabsorción tubular.

El Na se encuentra en mayor concentración que el número de células existentes en la pared del túbulo. Por esta diferencia de concentración, el Na es transportado por una proteína hacia el interior de la célula del túbulo. Esto genera un gradiente electroquímico negativo, el cual permite que ingrese, sin ayuda de una proteína, aún más Na y esta vez cloro. El cloro, por un mecanismo de difusión pasará a los espacios intercelulares existentes en la pared del túbulo.

- b. Antiporte o Contratraste: En las células de la pared del túbulo existe ácido carbónico, que es desdoblado en carbonato e hidrógeno.

Debido a la existencia de mayor soluto en la luz del túbulo que en las células del mismo, el hidrógeno, es transportado por una proteína hacia el borde interno de las células de la pared. El hidrógeno saldrá a la luz del túbulo, y será la misma proteína que transportó al hidrógeno, la que esta vez, llevará al Na al interior del espacio intercelular existen en la pared del túbulo.

El carbonato y el Na pasarán a la sangre y formarán el carbonato de sodio. Tanto el Na como el carbonato pasarán al capilar peritubular (sangre) gracias a la ATPasa.

Otra parte del carbonato pasará a la luz del túbulo y se intercambiará por un ión cloro. Este último ingresará a las células de la pared del túbulo y posteriormente pasará al capilar peritubular y se unirá al Na (existen en el capilar) y formará el ClNa.

Esta es una manera de recuperar principios nutritivos

- c. Simporte o Contranporte: el carbonato que se produce permanentemente en las células de la pared del túbulo, pasará a la sangre (capilar peritubular), haciendo que la concentración de cloro sea mayor (desequilibrio), permitiendo que el cloro, por difusión, ingrese al espacio intercelular, arrastrando consigo al Na que se encuentra en el lumen tubular. Posteriormente, por difusión, pasarán ambos al capilar peritubular y formarán el NaCl.

Absorción de Sodio

Si no hay sodio, la enzima ATPasa no se activará, por lo tanto es necesaria la presencia de sodio para el transporte de la mayoría de las sustancias.

La ATPasa actúa sobre el ATP y es este último el que proporciona la energía.

Reabsorción de:

- Glucosa y aminoácidos: Se reabsorben a través del mecanismo de simporte o contranporte.
- Agua: No se reabsorbe a través de mecanismo de transporte activo, si no que cuando el gradiente osmótico es mayor en las células de la pared de túbulo que en los capilares peritubulares y en el lumen, por diferencia el agua se reabsorberá. Aquí también interviene: sodio, glucosa y urea.
- Urea y otros solutos: La urea no se reabsorbe en el túbulo contorneado proximal sino en el distal; y la reabsorción se da por una diferencia en el gradiente de concentración.
- Proteínas plasmáticas: Debido a que las proteínas son más grandes (> a 60.000) se reabsorben por el mecanismo de endocitosis. La pared del túbulo por endocitosis atrapa a la proteína y una vez adentro, de la célula de la pared, los lisosomas desdoblaban a la proteína en aminoácidos y es así

como el organismo recupera los aminoácidos, y por medio de la ATPasa pasarán al capilar.

SECRECIÓN TUBULAR

En el capilar peritubular existen sustancias que regresan al túbulo, entre estas tenemos:

- Hidrógeno: Su secreción se da a nivel del túbulo contorneado proximal y distal. Estos intervienen activamente en la absorción de los principios nutritivos.
- NH₄ (amoníaco): Su secreción se da a nivel del túbulo contorneado distal y se secreta para ser eliminado por la orina.
- K: Se secreta a nivel del túbulo contorneado distal. Este interviene en el mecanismo de transporte activo, colaborando con la absorción de otros principios nutritivos.

TRANSPORTE MÁXIMO

Fisiológicamente, las células de la pared del túbulo tienen una determinada capacidad para absorber principios nutritivos, es decir, que la misma cantidad de sustancias que entran al túbulo son absorbidas hacia el capilar peritubular. En ocasiones la cantidad de las sustancias que pasan al túbulo es mayor a la capacidad que puede absorber la membrana basal. Cuando esto ocurre, solo será absorbida la cantidad necesaria y el resto será eliminado por la orina.

Entonces se define como *Transporte Máximo* a la máxima capacidad de absorción o transporte de principios nutritivos, desde el túbulo hacia el capilar peritubular.

EQUILIBRIO GLOMÉRULO – TUBULAR

El túbulo contorneado proximal determina la cantidad de filtrado que debe llegar al túbulo contorneado distal. Es decir, si el túbulo

contorneado proximal absorbe el 77%, apenas el 33% será absorbido por el túbulo contorneado distal.

Como consecuencia de la alta concentración de Na presente en el espacio extracelular, se ve estimulada la *hormona antidiurética*, la cual tendrá la función de reabsorber el agua que está en el filtrado y llevarla al torrente sanguíneo.

En el mantenimiento del equilibrio interviene el Na, glucosa y la urea.

RECIRCULACIÓN DE UREA

La urea que aparece en el líquido tubular debe ser eliminada en la orina en un 40 al 50%. La diferencia, 60 – 50%, forma parte de un mecanismo de reciclaje o recirculación que se lleva a cabo en las *nefronas yuxtglomerulares*. Parte de la urea es absorbida por la nefrona yuxtglomerular, para luego pasar a los capilares peritubulares.

La urea que forma parte del líquido tubular pasa al túbulo proximal, aquí no se reabsorbe, continua hacia el asa de Henle y posteriormente llega a los conductos colectores y es aquí donde se absorbe la urea, logrando incrementar el gradiente de concentración en los capilares peritubulares.

Cuando la urea entra al parénquima renal, coadyuva a la estimulación de la hormona antidiurética, razón por la cual se incrementa la absorción de agua.

Esta misma urea viajará por los capilares y al llegar a la porción descendente del asa de Henle, por diferencia de concentración, volverá a formar parte del líquido tubular.

La urea contribuye con 1/3 de la absorción del agua, mientras que los 2/3 se absorben gracias al Na.

- ***Nefronas Corticales:*** Se encuentran en la zona cortical y parte de la zona medular del riñón, pero no tan profundo.
- ***Nefronas Medulares:*** Se encuentran en el límite de la zona cortical y medular. La porción del asa de Henle ubicada en la

nefrona medular llega hasta la parte más profunda de la médula.

MICCIÓN

Proceso fisiológico que tienen como objeto vaciar la vejiga que se encuentra llena de orina. La micción es un acto reflejo que se produce cuando la vejiga, llena de orina, se encuentra con sus paredes distendidas. En este momento se producirá un reflejo de tipo nervioso, para que los receptores nerviosos de la pared de la vejiga emitan un mensaje hacia el cuello de la vejiga (SNA). Este reflejo se inicia de manera tenue, y su fuerza de estímulo no será capaz de dilatar el esfínter, por lo que la orina seguirá llenando la vejiga extendiendo aún más sus paredes, hasta que se produzca el reflejo que estimule al acto de la micción.

El reflejo tenue sucederá hasta que el estímulo sea lo suficientemente fuerte como para estimular al acto de miccionar. Esto sucederá cuando se produzca el sobrestiramiento de las paredes de la vejiga, logrando una estimulación a nivel de los *nervios pudendos*, los cuales al ser estimulados dilatarán el esfínter externo, produciéndose así la micción. La micción también puede ser un acto voluntario, este acto estará regido por la corteza cerebral.

CARACTERÍSTICAS DE LA ORINA

1. *Composición*

- Es similar a la del líquido extracelular. El riñón, saca líquido extracelular y lo filtra, elimina sustancia de desecho y devuelve al torrente sanguíneo las sustancias que sí sirven.

- Las sustancias que se excretan están directamente relacionadas a lo que contenga el líquido extracelular, y este último está ligado a lo que el individuo consume.

2. Color

Amarillo, la coloración es debido a la urobilina.

3. Consistencia

Acuosa en la mayoría de las especies, excepto en el equino. Esto se debe a que en la pelvis renal de este, existen glándulas mucosas y porque su orina es rica en fosfatos y carbonatos, por eso es espesa.

4. Olor

5. Componentes nitrogenados

El más importante es la urea

6. Cantidad y Densidad

Relativo a la especie.

SISTEMA HORMONAL

Tanto en la hembra como en el macho, la fisiología reproductiva funciona mediante la interacción de los siguientes componentes:

- Pituitaria o hipófisis
- Hipotálamo
- Centros superiores del encéfalo

Los centros olfatorios también intervienen en el proceso reproductivo. Existe una íntima relación entre la pituitaria y el hipotálamo.

El hipotálamo está ubicado estratégicamente de tal manera que coordina el estímulo de la actividad reproductiva. El hipotálamo se relaciona de manera especial con cada lóbulo de la hipófisis, así tenemos:

- **Hipófisis o Pituitaria posterior (neurohipófisis):** En esta parte de la hipófisis se encuentran almacenadas hormonas que fueron producidas por el hipotálamo, las mismas que serán liberadas sólo cuando exista el estímulo. La relación entre el hipotálamo y la neurohipófisis es directa ya que se da a través de terminaciones nerviosas
- **Hipófisis o Pituitaria anterior (adenohipófisis):** La relación con el hipotálamo se da a través de un sistema vascular denominado *Sistema Porta-Capilar*. A estos vasos llegan terminaciones nerviosas del hipotálamo, a través de los cuales las hormonas hipotalámicas llegan al sistema portacapilar, aquí existirán receptores que lograrán estimular a la adenohipófisis a producir hormonas como:
 - ✓ LH
 - ✓ FSH
 - ✓ Prolactina

- ✓ STH
- ✓ Tirotrófica
- ✓ ACTH
- ✓ P₄

La FSH y la LH son estimuladas por otra hormona llamada Gn RH (específica para cada una). Estas hormonas una vez liberadas de la hipófisis actúan a nivel de las gónadas, razón por la cual se las conoce como *Hormonas Gonadotropinas* o *Gonadotrofinas*. Por esta razón a la Gn RH se la conoce como *Hormonas Liberadora de las Gonadotropinas*.

EJE: HIPOTÁLAMO – HIPÓFISIS – GÓNADAS

- ***Mecanismo de Retrofuncionalidad o Retroalimentación de Lazo Largo:***

Las hormonas gonadotropinas actúan sobre las gónadas, estas últimas liberan, en las vías sanguíneas, hormonas que actuarán a nivel del hipotálamo, estimulándolo a este a producir otras hormonas que actuarán sobre la hipófisis.

- ***Mecanismo de Retrofuncionalidad o Retroalimentación de Lazo Corto:***

Esta relación solo se da entre la hipófisis y el hipotálamo. El mecanismo de retrofuncionalidad puede ser:

- ✓ ***Mayor:*** Cuando las hormonas gonadotrópicas incrementan la actividad del hipotálamo.
- ✓ ***Menor:*** Cuando se inhibe la producción de hormonas en el hipotálamo.

DIFERENCIACIÓN DEL APARATO REPRODUCTOR

Ocurre en el período embrionario y dependerá de los cromosomas resultantes de la fecundación. Es decir, que, si durante la fecundación resulta un cigoto con cromosomas XX, el resultado

será una hembra. Pero si es XY, el resultado será un macho, debido a que el cromosoma Y produce una sustancia inhibidora que impedirá la formación del Conducto de Muller, el cual es propio del aparato reproductor femenino, y permitirá el desarrollo de los Conductos del Wolf, propios del aparato reproductor masculino.

Desde la etapa embrionaria existe secreción de hormonas, pero solo se dará paso al funcionamiento del aparato reproductivo cuando ya exista la relación entre hipotálamo y gónadas

GLÁNDULA HIPÓFISIS

Posee tres porciones:

- Adenohipófisis: Parte anterior de la hipófisis, que se relaciona con el hipotálamo a través del sistema portacapilar.
- Porción Intermedia: Es avascular, no tiene importancia en los animales. Se nutre de líquido intersticial y de linfa.
- Neurohipófisis: Parte posterior de la hipófisis, tiene relación directa con el hipotálamo por vía nerviosa.

Adenohipófisis

La mayoría de las células secretoras se encuentran en la eminencia media, estas producen a nivel del hipotálamo una sustancia que son factores liberadores o inhibidores de la secreción de hormonas que se producen en la hipófisis anterior. Estas sustancias se trasladan por células (por vía sanguínea) y llegan hasta terminaciones nerviosas, luego llegan al plexo capilar y actúan sobre las células de la adenohipófisis, para que esta produzca hormonas que actuarán sobre las células blanco.

Tipos de células en la Adenohipófisis

<i>Tipo de Células</i>	<i>Hormonas que producen</i>
Somatotropas	STH
Tirotropas	
Corticotropas	
Gonadotropas	FSH, LH
Lactotropas	Prolactina

Clasificación de estas células de acuerdo a su respuesta a la Tinción

- *Acidófilas o Eosinófilas:* (eosina) Se tiñen de color rojo. Somatotropas, Lactotropas
- *Basófilas:* Gonadotropas, Tirotropas, Corticotropas
- *Cromófilas:* No se tiñen. No son secretoras, ya que son células inmaduras que reemplazarán a las actuales.

Neurohipófisis

Las hormonas se producen en los núcleos supraventriculares y supraóptica del hipotálamo y se almacenan en la neurohipófisis

- Antidiurética (vasopresina)
- Oxitocina

Funciones de la Hormona del Crecimiento (STH)

1. Promueve el Crecimiento de las Células
2. Incrementa la Mitosis Aumentado el Número de Células
3. Incrementa la Síntesis Proteica
 - Hace más permeable a la célula
 - Impide que las proteínas salgan de la célula, provocando que se liberen ácidos grasos y que estos sean utilizados como energía, en otras palabras disminuye el catabolismo de las proteínas.

- Incrementa el transporte de aminoácidos hacia la célula
 - Incrementa el transporte de RNA para la síntesis proteica
 - Incrementa la formación del RNA a partir de DNA
4. A nivel de los Vasos Sanguíneos: disminuye el uso de Glucosa
- Aumenta la secreción de insulina, logrando saturar a los todos los órganos que producen glucosa.
 - Disminuye el uso de glucosa
 - Estimula el almacenamiento del glucógeno.
 - Disminuye la sensibilidad a la insulina para captar glucosa.
5. Estimula el Crecimiento de los Cartílagos y Huesos
- Esta es la acción más importante
 - Cuando las epífisis de los huesos no se han soldado, incrementa el crecimiento del tejido cartilaginoso y posteriormente este tejido se convertirá en tejido óseo.
 - Incrementa el depósito de proteínas, condrocitos y células osteogénicas
 - Incrementa la reproducción de las osteocitos y condrocitos.
 - Convierte a los condrocitos en células osteogénicas.
6. Incrementa la Movilización de Ácidos Grasos
- A nivel del hígado, estimula la conversión de ácidos grasos en acetyl Co-A.

Somatomedina

La vida media de la somatotropina es de 20 minutos, es por esto que esta hormona tiene un intermediario. A nivel de la sangre, estimula la secreción de una proteína denominada *somatomedina*. Esta proteína dura 20 horas, por lo tanto esta es la que ejerce las funciones de la somatotropina.

Regulación de la Hormona del Crecimiento

- Inanición
- Hipoglucemia
- Baja concentración de ácidos grasos
- Ejercicio

Control de la Secreción de la Hormona del Crecimiento

- Hormonas liberadoras de la GH (GHRH)
- Hormonas inhibidora de la GH (GHIH – Somatostatina)

GLÁNDULA TIROIDES

- La Tiroides se localiza por detrás de la tráquea, a nivel de los primeros 5 anillos.
- Esta glándula produce las hormonas: *Tiroxina* (T₄) y *Triyodotironina* (T₃). Estas dos hormonas intervienen en el metabolismo basal del organismo.
- Además esta glándula también produce la *Calcitonina* que interviene en el metabolismo del Ca.
- Cuando se incrementa la secreción de T₃ y la T₄, el metabolismo puede incrementarse en un 60 – 100%. Cuando la secreción disminuye, el metabolismo basal disminuye en un 40%.
- La producción total de estas hormonas es la siguiente:
 - ✓ T₃: 10%
 - ✓ T₄: 90%
- Estas hormonas actúan en todos los tejidos. Su función es la misma, que es la de estimular la secreción de enzimas que intervienen en el metabolismo.
- Alrededor de un 95% de la T₄ que llega a las células blanco, es convertida en T₃. Por lo tanto, es la T₃ la que mantiene el metabolismo basal en la célula.

- La vida media de la T_3 es más corta que de la T_4 , pero la potencia de la T_3 es cuatro veces mayor a la de la T_4 .
- Desde el punto de vista anatómica, la tiroides está formada por folículos que a su vez están formados por células epiteliales secretoras. Estas células tienen como función captar el yodo que circula en la sangre, que luego a través de enzimas es sometido a un proceso de oxidación, para obtener T_3 y T_4 . Las enzimas son: peroxidasa que se suma al peróxido de hidrógeno.
- En la parte central del folículo, hay una zona formada por una sustancia coloide que contiene una proteína, la *tiroglobulina*. Esta proteína es la unión de 140 aminoácidos aproximadamente, estos aminoácidos son la Tirosina.

Síntesis de T_3 y T_4

El proceso de síntesis ocurre a nivel de tiroides y no a nivel de las células blanco. Una vez que se ha producido la oxidación del yodo, otra enzima llamada *yodinasa* se encarga de unir el yodo a los aminoácidos de la tirosina.

El yodo unido a un aminoácido se lo denomina *monoyodotirosina*. Luego la misma enzima toma otro yodo y se lo agrega a la monoyodotirosina y lo convierte en diyodotirosina. Luego por un mecanismo de otra enzima, la diyodotirosina es unida a una monoyodotirosina, y así es que se forma la T_3 .

Pero si esta misma enzima, toma un diyodotirosina y lo une a otro diyodotirosina se formará la T_4 , y es esta última hormona la que más se produce. Este mecanismo de síntesis es constante, por lo tanto existirá una acumulación de estas dos hormonas en la sustancia coloide.

Estas hormonas son liberadas de la tiroides mediante el mecanismo de pinocitosis, ya que sus células tienen pinocitos, los

mismos que se proyectan hacia la zona coloide y atrapan a la hormona, la sacan de la tiroglobulina (proteína) y la envían al torrente sanguíneo. Este mecanismo está estimulado por la hormona tirotrópica. Para la síntesis de estas hormonas se requieren de mínimas cantidades de yodo, que ingresan en la dieta.

❖ ¿Por qué se necesitan pocas cantidades de Yodo?

El yodo que ingresa al intestino se transforma en yoduro y es en esta forma que es absorbido. El yodo absorbido, en su gran parte, es eliminado a través de los riñones y de la parte que continúa circulando por la sangre, un 20% (1/5) es tomado por la tiroides para sintetizar a las hormonas. Una vez sintetizadas las dos hormonas, a nivel de la célula blanco, por un proceso denominado de yonización a la T_4 se le extrae un yodo y es transformado en T_3 . Este yodo liberado seguirá circulando por la sangre y regresará a la tiroides para ser reutilizado.

Funciones de T_3 y T_4

- Estas hormonas actúan sinérgicamente con la hormona del crecimiento y la insulina.
- En los individuos jóvenes, ayuda el crecimiento de los huesos largos a nivel de epífisis.
- Actúa a nivel cerebral en la vida fetal y después del crecimiento. También se le atribuye una función especial al desarrollo del cerebro.
- Un individuo con déficit de estas hormonas, presentan retraso en el crecimiento y problemas de conducta.
- CHO: T_3 y T_4 incrementan:
 - ✓ El ingreso de la glucosa a las células
 - ✓ La glucólisis y la gluconeogénesis
 - ✓ Absorción intestinal.

- Proteínas: Incrementa la proteólisis, este es uno de los mecanismos a través del cual el individuo pierde peso.
- Grasas:
 - ✓ Estimula la liberación de ácidos grasos hacia el plasma sanguíneo.
 - ✓ Estimula la oxidación de los ácidos grasos a nivel celular
 - ✓ Disminuye los niveles de triglicéridos, colesterol y fosfolípidos en el plasma. Todo este proceso es a través de la bilis.
 - ✓ Incrementa el almacenamiento de estos a nivel hepático.
- Vitaminas: la T₃ y T₄ requieren o exigen la presencia de vitaminas, ya que estas forman parte de las enzimas y coenzimas

Funciones de la Tirotropina

- La hormona tirotrópica estimula la secreción de estas hormonas.
- La tirotropina estimula el desarrollo de las células del folículo
- Estimula el mecanismo de captación y oxidación de yodo, en las células del folículo
- Estimula el proceso de yodinización de la tirosina
- Estimula la proteólisis de la tiroglobulina
- Estimula la pinocitosis

Regulación de T₃ y T₄

Cuando existen niveles altos de T₃ y T₄, el hipotálamo es estimulado, e inhibe el factor liberador de la hormona tirotrópica, disminuyendo así la secreción de tirotrópica a nivel de la hipófisis anterior.

Una hipótesis dice que: al aumentar el metabolismo basal, se liberan más metabolitos, y son estos los que actúan directamente a nivel de adenohipófisis, logrando disminuir la secreción de tirotrópina, y por lo tanto, disminuye la actividad de la glándula.

APARATO REPRODUCTOR FEMENINO

Se encarga de:

- Producción de Hormonas
- Producción de óvulos
- Permitir el período de gestación

ANATOMÍA DEL APARATO REPRODUCTOR FEMENINO

El aparato reproductor femenino está constituido por: (figura #24)

OVARIOS

Se encuentran en número de dos. Según la especie varía su forma:

- **Rumiantes:** redondos
- **Yegua:** habichuela o riñón
- **Cerda:** racimos de uva.

Los folículos pueden desarrollarse en cualquier parte de la zona cortical del ovario, pero en el caso de la yegua el folículo se desarrolla en un solo lugar, que es una escotadura y en la cual encontramos una *fosa ovulatoria*, por donde los folículos serán liberados.

Los ovarios están constituidos por dos zonas:

- **Zona Cortical:** (externa) aquí se desarrolla:
 - ✓ Los Folículos: Los mismos que producen estrógenos
 - ✓ Cuerpo Lúteo: Produce progesterona y oxitocina.
- **Zona Medular:** (interna)

Los ovarios son glándulas de secreción mixta, puesto que producen:

- ❖ **Hormonas**
- ❖ **Óvulos (ovulación)**

El folículo se rompe y se libera el óvulo y aquí quedará una cavidad en donde se producirá un sangrado, el cual a su vez dará paso a la formación del *cuerpo hemorrágico*, y este último es el que finalmente originará al *cuerpo lúteo*. Para que haya cuerpo lúteo, deberá haber existido un folículo, ya que el primero se formará en la cavidad que dejó el folículo que se rompió.

El cuerpo lúteo protruye el parénquima o estroma del ovario, mientras que el folículo no. En la mayoría de los casos solo se desarrollará o el folículo o el cuerpo lúteo, es decir, siempre veremos una sola formación nunca ambas a la vez.

OVIDUCTOS

Conductos que comunican a los cuernos del útero con los ovarios.

❖ *Partes del Oviducto y sus Funciones*

- Fimbria: Parte más ensanchada, se dispone a manera de campana y tiene la función de captar, por medio hormonal, al óvulo.
- Infundíbulo: Esfínter que delimita la parte ensanchada de la parte tubular del oviducto. Esta parte tiene como propósito evitar el regreso del cigoto.
- Ámpula: Parte más ensanchada del segmento tubular del oviducto, es aquí donde se produce la fecundación, aproximadamente a 1/3 del segmento.
- Itsmo: Aquí se produce el desarrollo inicial del cigoto.

El oviducto tiene fibras musculares dispuestas a manera circular y longitudinal, estas permiten mantener los movimientos peristálticos, los cuales intervienen en el transporte de los gametos o el cigoto si se ha efectuado la fecundación.

En el epitelio del oviducto existe:

- Células Secretoras: Producen sustancias que mantienen nutrido al cigoto.
- Pestañas Vibrátiles: Ayudan a transportar a las células sexuales y al cigoto.

El ligamento que sostiene al oviducto se llama *Ligamento Meso-Salpinge*.

ÚTERO

Tiene la función de albergar al feto, el mismo que se desarrollará en los cuernos uterinos.

❖ *Anatomía del Útero*

a. Cuernos Uterinos

Existen hembras:

- ✓ *Monotocas*: Su útero sólo alberga a un feto, el que se desarrollará en el cuerno, del lado del ovario que ovuló. Apenas un 5% de los óvulos emigran.

En el caso de las monotocas, la placenta se origina desde el óvulo fecundado y luego se expandirá hasta el cuerpo, pero el embrión se mantendrá en el mismo lugar.

- ✓ *Politocas*: Su útero alberga a varios fetos. Estas hembras ovulan desde un solo ovario. Los óvulos fecundados, cuando se encuentran en etapa embrionaria emigran hacia el cuerpo uterino, para luego quedar distribuidos en ambos cuernos.

b. Cuerpo

Cuando se realiza la inseminación artificial, el semen será depositado en el cuerpo del útero. En este proceso de inseminación la vejiga, por su ubicación, tiene importancia. En la mucosa del útero existen las denominadas *Carúnculas* o *Cotiledones*, que son formaciones nodulares que tienen por función:

- ✓ Ser punto de unión con la placenta, a lo que se denomina relación *madre – feto*, a través de vasos sanguíneos.
- ✓ Por haber vasos sanguíneos, también tienen la función de nutrir.

c. Cérvix

Es de tejido fibroso, y sus funciones son:

- I. *Selección Espermática*: en el cérvix encontramos:
 - ✓ Células ciliadas: actúan como una barrera contra los espermatozoides débiles, ya que sólo los más fuertes atravesarán estos cilios.
 - ✓ Células epiteliales: producen “limo”, que es una mucosidad rica en anticuerpos. Este limo destruirá a los espermatozoides débiles o inmaduros. El limo también cumplirá con la función de nutrir, ya que es rico en ácido cítrico, vitaminas y minerales.
- II. *Conducto en Inseminación Artificial*: porque por este es pasa el catéter, para luego depositar el esperma en el cuerpo del útero.
- III. *Tapón de Warton*: este sella el cérvix durante la preñez, protegiendo al feto contra agentes infecciosos.

VAGINA

Órgano copulador de la hembra. Su mucosa tiene propiedades absorbentes, que durante la cópula permiten que el semen depositado se adhiera.

VULVA

Parte de los genitales externos junto con el clítoris y vestíbulo vulvar.

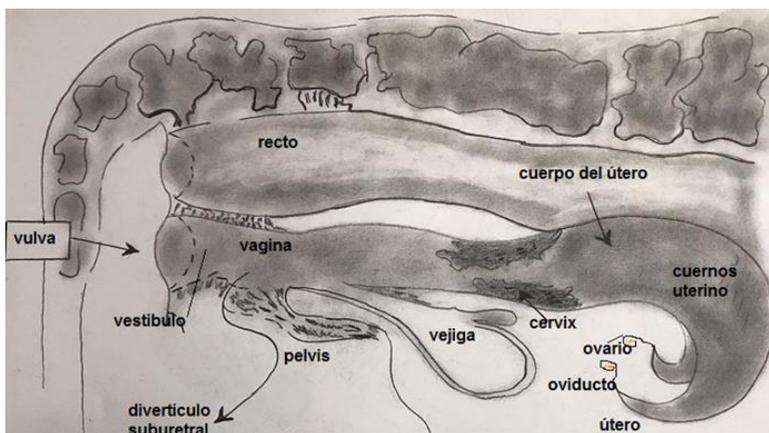


Figura # 24. Anatomía aparato reproductor femenino

CICLOS REPRODUCTIVOS

PRENATAL Y NEONATAL

En las hembras bovinas, la actividad reproductiva se inicia desde la fase embrionaria, cuando se forman los órganos. En esta etapa ya funciona el sistema endocrino, pero no se completa el circuito entre hipófisis e hipotálamo, por lo que al nacimiento, la neonato tiene el 50% de los folículos (más o menos 150.000) gracias a la acción hormonal.

PUBERTAD

Fase de transición en la que el individuo inicia el funcionamiento reproductivo, debido a que ya existe la relación hipotálamo – hipófisis, el cual es más evidenciable en la hembra porque esta presenta el celo.

Esta etapa reproductiva tiene importancia económica, mientras más rápido lleguen a la pubertad más rápido se reproducirán:

- Incorporar a los animales a la actividad reproductiva

- Observar más rápido el resultado del trabajo
- Evaluar el resultado obtenido de manera oportuna
- Mejorar la eficiencia reproductiva.

Fases de la Pubertad

a. Fase Infantil

- En esta etapa se produce FSH debido a la presencia de GnRH. La FSH actúa sobre los ovarios induciendo el crecimiento de los folículos, los cuales producen estrógenos (E_2); los E_2 circularán por la sangre.
- Durante esta fase no hay relación ovarios – hipotálamo y esto se debe a que los receptores hipotalámicos aún no se han desarrollado.
- La LH también es producida, pero en menor concentración que la FSH.
- La FSH se autorregula actuando sobre el hipotálamo para autoestimularse a producir más, a este mecanismo se lo conoce como “*Mecanismo de Regulación Positiva*”.
- La LH también se autorregula mediante el “*Mecanismo de Regulación Negativa*”, el que hace que se inhiba la producción

b. Fase Prepuberal Temprana

- Aparecen los receptores hipotalámicos, los cuales se desarrollan
- Existe gran cantidad de E_2 circulando por la sangre, esto se debe a que hay altos niveles de FSH.
- El hipotálamo, debido al desarrollo de los receptores e hace sensible a los E_2 .
- Los E_2 actúan sobre la eminencia media ejerciendo el mecanismo de regulación negativa, el cual actúa sobre la GnRH y por lo tanto disminuirán los niveles de FSH, LH y E_2 .

c. Fase Medio Prepuberal

- En esta fase disminuye el número de receptores y también la sensibilidad a E_2 , los E_2 actuarán menos sobre los GnRH por lo que esta última se incrementará y a su vez se incrementará los niveles de FSH, LH y E_2 .
- Existen cambios en los gonadostatos, que son los receptores del hipotálamo que se relacionan con las gónadas.

d. Última Fase Prepuberal

- Se incrementa el nivel de E_2 , estos serán captados por los receptores hipotalámicos (región pre-óptica). A este nivel los E_2 ejercen una acción mayor o positiva sobre la GnRH.
- Se incrementan los niveles de FSH, LH.
- Aumentan los niveles de E_2 , aparecen signos del estro (celo) en las hembras, y en la mayoría de las especies ocurre la ovulación.

e. Fase Ovulatoria

- *Desarrollo Folicular*: se inicia con el folículo primario, se continúa con el folículo secundario, en este existen dos hileras de células tecales. Luego aparece el folículo terciario, este en cambio presenta varias hileras de células tecales. Este último, luego presentará el *antro*, que es una cavidad donde existe P_4 . Cuando el ovocito (óvulo) está maduro se desprenderá de las células tecales y en el pico máximo de la FSH, el ovocito romperá el folículo (gracias a P_4 y LH).
- *Folículo Dominante*: esta formación del folículo se da en la primera y durante la segunda onda folicular. Es el punto en que el folículo se formó, luego se vuelve atrésico y finalmente se destruye.

Función de las Hormonas en la Ovulación

- FSH

- ✓ Incrementa o estimula el desarrollo de los receptores para LH, es otras palabras, prepara a las paredes del folículo para convertirse en cuerpo lúteo.
- ✓ Incrementa los niveles de E₂ (proestro, estro)
- E₂
 - ✓ Alto nivel logra que las paredes del folículo se dilaten y que maduren
 - ✓ A nivel de hipotálamo, los E₂ tienen efecto sobre la hormona LH, aumentando sus niveles.
- LH: tiene efecto en:
 - ✓ *Ovulación*: Inicia la producción de P₄.
 - ✓ *Fecundación*: En el óvulo reactiva la meiosis 24 horas preovulación, esto se debe a que solo en este estadio de división celular, es que se puede producir la fecundación.
 - ✓ *Folículo*: Estimula la producción de PGF₂, esta estimula a unas enzimas proteolíticas como las *proteasas*, estas actúan sobre la pared del folículo, debilitando sus paredes, para que se produzca así la ovulación.
 - ✓ También estimula la secreción de la *Relaxina* a nivel folicular. Esta hormona actúa sobre las paredes del folículo, relajándolas y haciendo más fácil la acción de las proteasas.
 - ✓ La LH, en el folículo, permite el inicio de la producción de P₄

Tipos de Ovulación

<i>Espontánea</i>	<i>Inducida</i>
Perra	Gata
Vaca	Coneja
Cabra	Camélidos

Cerda
Yegua

Tiempos de Ovulación

<i>Especie</i>	<i>Tiempo de ovulación</i>
Perra	al final del proestro
Vaca	12 horas proestro
Cabra	33 horas del estro
Cerda	36 – 42 horas del inicio del estro
Yegua	24 horas antes del final del estro
Gata	24 – 36 horas después del coito

Factores que afectan la Pubertad

- Hormonal: Intervienen: centros superiores del encéfalo, hipotálamo, hipófisis y las gónadas.
- Genético: A mejor genética, la respuesta de la presentación de la pubertad será más temprano.
- Nutricional:
 - ✓ Sin nutrición no hay reproducción
 - ✓ Con un buen alimento, los animales ganan peso y alto porcentaje de fertilidad.
 - ✓ El efecto de la dieta sobre la pubertad con vacas es medido desde el destete (peso en Kg.)
 - ✓ La velocidad de la ganancia o incremento de g./día, asegura el éxito de la fertilización y reproducción de la vaca.
 - ✓ La buena alimentación tiene relación con el desarrollo de los receptores hipotalámicos.
- Ambiente:
 - ✓ Bajas o altas temperaturas logran disminuir o retrasar la presentación de la pubertad.
 - ✓ Tiene relación con el hipotálamo.

Alternativas para mejorar la presentación de la Pubertad

- a. Influencia del Macho: El macho expide feromonas, las cuales estimulan la producción de GnRH (en la hembra) en el hipotálamo haciendo que entre más rápido en la pubertad, en casos de no haberse presentado.

- b. Circunferencia Escrotal:
 - ✓ El perímetro testicular es medido en la parte más ancha del testículo
 - ✓ Existe una correlación entre la circunferencia escrotal de los toretes y la edad de presentación de la pubertad. Es por esto que se debe escoger toretes que transmitan a sus crías mayor circunferencia escrotal.
 - ✓ *Relación Macho – Presentación de la Pubertad en la Hembra*: por cada 1cm. de incremento de circunferencia escrotal, la pubertad de las hijas disminuye en 0.76 meses (21 – 22 días).
 - ✓ El control del incremento se lleva desde el nacimiento y luego cada seis meses aproximadamente.

CICLO ESTRAL

- Es el período que transcurre desde una ovulación hasta la siguiente.
- En la mayoría de las especies dura 21 días.
- En ocasiones existen hembras que presentan signos del estro, pero no ovulan.

Fases del Ciclo Estral

- a. Proestro
 - Dura aproximadamente 5 días, ocurre al día 15 – 20 del ciclo estral.

- Se observa el crecimiento de los folículos dominantes y se produce la regresión del cuerpo lúteo

b. Estro

- Ocurre la maduración folicular y la ovulación en la mayoría de la especie, excepto la bovina.
- En la mayoría de las especies ocurre la ruptura del folículo, por lo tanto, habrá disminución de los niveles de estrógenos circulantes en la sangre (caen en la cavidad abdominal)
- La hembra muestra signos de aceptación para la monta, y es el momento donde se debe servir a la hembra.
- ***Signos del Estro:***
 - ✓ Receptabilidad a la monta
 - ✓ Mucosidad estral clara
 - ✓ Vestíbulo vagina enrojecido
 - ✓ Inquietud, mirada de celo
 - ✓ *Inspección vagina:* dilatación de la entrada del cérvix lo que facilita la inseminación. El cuello uterino edematoso, ligeramente abierto, mucosa hipodérmica y mucosidad estral clara.
- ***Duración del celo según la especie***
 - ✓ *Vaca:* 12 horas
 - ✓ *Cerdo:* 2 – 3 días
 - ✓ *Perra:* 7 – 10 días
 - ✓ *Yegua:* 5 – 6 días.

c. Metaestro

- Se produce la ovulación en las vacas y se inicia la formación del cuerpo lúteo, comenzando con el cuerpo hemorrágico.
- El cuerpo hemorrágico es la primera estructura que se forma después de la ovulación.

- Hasta el día 5 que dura esta fase, el cuerpo hemorrágico va a ser invadido por células luteales que provienen de las tecas del folículo.
- A partir que las células luteales comienzan a invadir al coágulo comienza la producción de hormonas (P₄).
- Se inicia el crecimiento de una población de folículos.
- El cuerpo hemorrágico sobresale de la estructura del ovario, lo que provoca que el futuro cuerpo lúteo también sobresalga.

d. Diestro

- Tiene una duración aproximada de 10 días
- El que era cuerpo hemorrágico se convierte en cuerpo lúteo funcional (activo), este se desarrollará y alcanzará su máximo potencial a partir del día 14 – 15.
- La producción de folículos que surgió en el metaestro
 - ✓ Unos involucionarán y se volverán atrésicos (pequeños) hasta que desaparecen.
 - ✓ Otros seguirán creciendo, pero estos folículos no madurarán por las altas concentraciones de P₄ (aquí existen bajas concentraciones de E₂)

e. Anestro

Algunos autores incluyen esta fase, este período está relacionado con el tipo de estructura que tiene el ovario durante el ciclo estral.

Ciclo Estral por especies

Especie	Característica	Duración	Celo
Yegua	Poliéstrica estacionaria	21 días	5 -6 días
Vaca	Poliéstrica	20 -21 días	12 horas

Oveja	Poliéstrica estacionaria	14 -20 días	38 -48 horas
Cerda	Poliéstrica	21 días	2 -3días
Perra	Estacionaria monoéstrica	6 meses	7 – 10 días
Gata	Poliéstrica estacionaria	38 – 40 días	2 – 4 días 8 -10

Cinética de las Modificaciones Hormonales durante el Ciclo Estral

Hormonas que intervienen:

1. Progesterona

- El cuerpo lúteo por ser de una estructura esponjosa permite la entrada de gran cantidad de flujo sanguíneo y de LH (tiene gran cantidad de receptores para LH).
- Para el día 14 – 16 el cuerpo lúteo está bien sobresalido del estroma ovárico.
- A partir del día 17 el cuerpo lúteo involuciona, bajan los niveles de P₄. Para el día 20 existirá solo un vestigio de este, al que se lo denominará *cuerpo albicans*.
- A mayor desarrollo del cuerpo lúteo, mayor será la producción de P₄.
- El mayor nivel de P₄ se da en Diestro, ya que es la fase donde el cuerpo lúteo se desarrolla y madura.

2. FSH

- Después de la ovulación, existe un incremento en la secreción de FSH, el mismo que estimulará a la población de folículos que se desarrollaron al inicio del metaestro.
- **Primera onda u oleada folicular:** desarrollo de la primera población de folículos. Esta no prospera debido a la acción de la P₄, la misma que se encuentra en altas concentraciones

- **Segunda onda u oleada folicular:** por el día 10 del estro, se incrementan los niveles de FSH. En el proestro los niveles de P₄ son bajos, lo que permite el desarrollo y crecimiento de la segunda onda folicular. Pero debido a que el nivel de FSH aún no es lo suficientemente alto, algunos folículos se tornarán atrésicos, y otros avanzarán hasta la fase del estro y seguirán desarrollándose (monotocas)
- Durante el estro, la FSH se incrementa y produce la ovulación, después de la ovulación la FSH baja.

3. E₂

- Se produce en los folículos
- En la primera onda folicular, no hay mucho E₂, pero luego este se incrementa en la segunda onda
- Vuelven a descender los E₂, a causa de la ovulación, ya en este momento se romperá el folículo.
- **LH** Durante la primera y segunda fase, los niveles de LH bajan, pero el nivel será suficiente para mantener el cuerpo lúteo.
- Durante el estro se produce la máxima secreción de E₂, provocando altos niveles de LH.
- El máximo pico de LH es lo que provoca la ovulación, debido a que se rompe el folículo. Por lo tanto el folículo se rompe por la presión que ejercen estas hormonas, en especial la LH

4. Prolactina

- Importancia en la secreción de leche
- También se le atribuye el estímulo para el desarrollo de receptores para LH, teniendo así relación directa con la ovulación
- Se incrementa durante el estro.

Regulación del Ciclo Estral

Entre el día 14 – 16 se produce una hormona en el útero, *prostaglandina F2 α* , esta circula por los capilares venosos y sale por las venas. A la altura del ovario, la vena uterina se une a la arteria ovárica (envolviendo la arteria a la vena). Esta disposición provoca un reflujo de sangre (remolina), ocasionando que la sangre venosa, que lleva consigo prostaglandina F2 α , pase a la arteria.

La prostaglandina F2 α , tiene un efecto vaso constrictor, esta reduce la luz de la arteria que llega al cuerpo lúteo, por lo tanto, no llegará la misma cantidad de sangre, por lo que el cuerpo lúteo involuciona. También llegará menos LH, porque no habrá quien estimule la P₄, por lo que esta desciende. (No hay P₄ ni LH).

El cuerpo lúteo tienen receptores para la prostaglandina F2, por lo tanto se da un bloqueo para la LH, dando inicio a la actividad ovárica.

Otras hormonas

- Feromonas: Tienen la particularidad de volatilizarse. Estas ingresan por vía respiratoria, reacciona el bulbo olfatorio, se estimula el hipotálamo y este produce GnRH.
- Secreciones Vaginales
- Orina y sonidos del Verraco: Estimulan a la hembra al producir GnRH.

FERTILIZACIÓN

Esta difiere en las especies según donde haya sido depositado el semen en el tracto femenino.

- Rumiante: Son depositados en la vagina (vaca – oveja)

- Cerda y yegua: Introducción del pene hasta el cérvix, el semen se deposita a nivel del cérvix y por su volumen llega hasta nivel uterino.

Estas diferencias ocurren debido a la concentración y volumen del eyaculado.

Volumen y Concentración espermática

- Cerdo y caballo: Baja concentración y alto volumen
- Rumiantes: Poco volumen y alta concentración.

La porción final del eyaculado tiene una sustancia llamada *gelosa*. La gelosa tiene la característica de ser gelatinosa, particularidad que le permite no ser expulsado por el tracto genital femenino. El plasma seminal tiene prostaglandina $F2\alpha$, que es absorbida por las paredes de la vagina y estimula a la secreción de oxitocina,

La oxitocina actúa sobre el tracto genital femenino, haciendo aparecer contracciones, las mismas que son más fuertes a nivel uterino. Estas contracciones ayudan a la transportación de los espermatozoides hacia el sitio de fecundación.

Selección Espermática

Rumiantes: Una vez que el macho deposita su semen en la vagina, ocurre el proceso de selección espermática, así tenemos que a nivel de:

- *Vagina*: Mediante un mecanismo denominado *quimiotaxia negativa*, el 70% de los espermatozoides es expulsado por el tracto genital de la hembra, por lo tanto a este nivel ocurrió una selección del 30%.
- *Cérvix*: A este nivel ocurre otra selección gracias a la presencia de anticuerpos y pestañas vibrátiles, y del 30% que llegó hasta aquí, apenas un 10% son seleccionados.

- **Útero:** Del 10% de espermatozoides que llega aquí, solo 1% será seleccionado, esto gracias al siguiente proceso: durante el ciclo estral, el útero, por acción hormonal prepara el nido para el nuevo ser; las paredes del útero se engrosan debido a la multiplicación de las células del endometrio, aumenta también la irrigación del endometrio y por lo tanto vamos a tener mayor elementos figurados de la sangre que se van a encargar de la selección espermática, dentro de estos elementos tenemos:
 - ✓ **Glóbulos blancos:** Son células macrófagos que defienden al cuerpo. Estas se encuentran en las paredes del endometrio y su función será fagocitar a los espermatozoides.
- Solo un 1% de los espermatozoides irá al encuentro con el óvulo.

Espermatozoides

Reciben una ayuda de transportación por los movimientos peristálticos provocados por el tracto genital de la hembra. Pero estos también tienen sus propios medios para llegar al encuentro con el óvulo. Los espermatozoides cuando están en el epidídimo no tienen capacidad fertilizante, debido a la presencia del capuchón, a esto se define como *factor de decapitación*.

Cuando el espermatozoide deja el testículo y luego del coite llega al tracto de la hembra, por un cambio de temperatura se activa una enzima, α -amilasa (propia del espermatozoide), la misma que permite que el acrosoma se despoje del capuchón y por lo tanto se pierde el factor de decapitación.

Luego, otra enzima que es la *fertilisina* activa a la *hialuronidasa* y a la *acrosina* (todas enzimas), estas actuarán en el momento que

el espermatozoide se ponga en contacto con el óvulo. Los espermatozoides tienen un promedio de vida hasta de 48 horas.

Óvulo

El óvulo cuando abandona el folículo está rodeado de un cúmulo de células llamadas *Cumulus Oophorus*. También posee una corona radiada (en ocasiones no está presente), luego encontramos la zona pelúcida (capa externa) que es la que recubre al óvulo. También existe el espacio perivitelino, el vitelo (parte central del óvulo) y el núcleo del óvulo en metafase.

¿Cómo ocurre la Fecundación?

- Las células del cúmulo están adheridas por medio del ácido hialurónico.
- El acrosoma al ponerse en contacto con las células del cúmulo hará actuar a la hialuronidasa para desdoblar al ácido hialurónico. Con esto el espermatozoide logra separar las células del cúmulo permitiendo su entrada a la zona pelúcida.
- A este nivel, el acrosoma activará otra de sus enzimas, la acrosina, esta le permitirá ingresar hasta el espacio perivitelino.
- En el espacio perivitelino ocurre una reacción en el óvulo, esto provoca el giro del vitelo, permitiendo el ingreso del espermatozoide.
- El giro del vitelo logra el sello de la zona pelúcida y en ocasiones el corte del flagelo del gameto masculino.

Tiempo de llegada al oviducto

Especie	Tiempo	
Ovina	20 minutos	5 h
Bovina	2,5 minutos	6 - 12 h

Perra	25 segundos	
Cerda	1 - 2 minutos	
Coneja		3 - 4 h

PREÑEZ (GESTACIÓN)

Es el período que transcurre desde la fecundación hasta el momento del parto. Este período se lo divide en tres fases:

I. Fase de Cigoto: Comprende desde la fecundación hasta la eclosión blastocitaria o denudación. Durante esta fase se producen dos estadios de desarrollo en el cigoto:

- Primera etapa de desarrollo:

Comienza con la fecundación continuando con la división celular (blastómeros). Esta fase se lleva a cabo hasta cuando el cigoto tiene de 8 – 16 blastómeros (cerdas 4), esto se da a la altura del istmo (a este nivel existen movimientos lentos, debido a la disminución de E_2). Cuando el cigoto tiene 8 blastómeros se encuentra cerca del útero.

Durante esta etapa, el cigoto, se alimentará por las células del oviducto, las mismas que también tendrán la función de trasladar al cigoto hacia el útero. El oviducto también produce una sustancia secretora que ayuda al traslado del cigoto.

Por otro lado, el cuerpo lúteo se encuentra segregando P_4 , hormona que estimulará a las células del endometrio a producir la *leche uterina* o *histotrófo*, la misma que servirá como alimento del cigoto.

Los blastómeros seguirán creciendo y multiplicándose, hasta forma una masa germinativa que llenará el espacio de la zona pelúcida.

- Segunda etapa de desarrollo:

Los blastómeros han ocupado gran parte del área de la zona pelúcida y se presentan a más de 18 células, aquí ya se lo denominará *mórula*.

Estos blastómeros a medida que se multiplican producen una secreción que se acumulará en los espacios intersticiales existentes entre los blastómeros. Esa secreción seguirá incrementándose llegando a desplazar a los blastómeros y formando una cavidad llamada *blastocèle*. Cuando ya se nota este cambio en la morfología del cigoto, se lo denominará *Blastocisto*.

El crecimiento de los blastómeros y el aumento del volumen de la secreción ejercerán una presión que logrará hacer estallar a la zona pelúcida; a esto se lo denomina *eclosión blastocitaria* o *denudación*. Aquí termina la segunda fase y por tanto se concluye la fase de cigoto.

II. Fase Embrionaria: se inicia con la denudación o gastrulación y termina con la implantación y placentación.

En esta fase ocurre la diferenciación de los tejidos y encontramos la presencia de:

- Dermis
 - Epidermis
 - Pelo, pezuñas
 - Cerebro y SNC
 - Músculos, ligamentos
 - Cartílagos, huesos
 - Vasos sanguíneos y linfáticos
 - Corazón
- Ectodermo*
- Mesodermo*

- Gónadas y conductos genitales
- Glándulas

Endodermo

- Hígado
- Mucosas del aparato digestivo

Intestino Primitivo

Durante esta fase en:

- Politocas: ocurre la migración embrionaria, que consiste en la redistribución de los embriones en los dos cuernos.
- Monotocas: los embriones se quedan en el mismo cuerno y en ocasiones se redistribuyen en los dos.

¿Cómo se preserva el embrión?

Por el día 16, el embrión produce la proteína trofoblástica 1 (Tb1), esta bloquea la salida de la prostaglandina F₂α hacia los capilares, pasando esta última a la luz del útero. La P₄ (producida por el cuerpo lúteo), que tiene por función nutrir al embrión, se mantendrá produciéndose hasta la implantación del embrión.

La implantación ocurre a los 20 – 21 días post-fecundación, y luego se formarán las membranas placentarias. Aquí la alimentación del embrión ya no dependerá del cuerpo lúteo si no de las membranas placentarias.

III. Fase Fetal: Es la fase más larga. Aquí el feto sólo dependerá de la irrigación sanguínea que la madre le proporcione.

Membranas Placentarias

- Membrana Coriónica: Es la primera membrana en ponerse en contacto con el endometrio. Tiene vellosidades que se unirán a los cotiledones. De ser una especie que no contenga cotiledones (perra, cerda,

yegua, etc) esta membrana se adherirá a toda la superficie del endometrio. En politocas, esta membrana empieza siendo una para cada embrión, pero a medida que se desarrolla termina por ser una sola ya que se anastomosan. Todas las vellosidades tienen irrigación sanguínea.

- b. Membrana Alantoides: Es la segunda membrana. En las monotocas es una sola; mientras que en la politocas cada embrión tiene su membrana alantoides. Esta membrana sirve como amortiguador para el feto, en esta membrana también encontraremos líquido de desecho del embrión (*líquido alantoideo*).

Tanto la membrana coriónica como la alantoides se comunican entre sí por medio de vellosidades.

- c. Membrana Amniótica: Tercera membrana, forma la cavidad amniótica, la misma que contiene sustancias nutritivas, factores de crecimiento y hormonas. Esta membrana también sirve de amortiguador. Las vellosidades que se encuentran a este nivel formarán cadenas de vasos que darán origen al cordón umbilical. En la cavidad amniótica existen productos tales como:
como:

- ✓ ***Sustancias nutritivas***
- ✓ ***Sales***: (NaCl, KCl) Estos tienen función laxativa, ya que permitirán la expulsión del meconio, he aquí la importancia de la ingestión del líquido amniótico, en el momento que se rompe la placenta, se considera inclusive que tiene un efecto superior al que tiene el calostro.
- ✓ ***Factores de crecimiento***: Tales como el ácido fólico y el ácido pantoténico y aminoácidos.
- ✓ ***Hormonas***: La placenta es considerada una fuente hormonal, puesto que contiene:

- Eutocina: Durante el parto es la encargada de estimular a la secreción de oxitocina
- Corticoesteroides: Son de origen fetal, su función es la de preparar a los pulmones del feto para cuando salgan al medio externo, a esta maduración de los alvéolos pulmonares para que pueden realizar el intercambio gaseoso se lo conoce como *Fenómeno de Sulfactación*. Los corticoesteroides también intervienen en el estímulo de la secreción de estrógenos (proximidad del parto)
- Progesterona: Mantiene la gestación. En todas las especies, unas más que otras, el útero es el que provee de la mayor cantidad de progesterona. Pero en mutua colaboración tanto el útero como el cuerpo lúteo permiten tener un nivel adecuado para mantener un nivel adecuado de progesterona que logra conservar la gestación. La progesterona mantiene la gestación ya que inhibe la movilización del ión calcio, impidiendo así los movimientos peristálticos del miometrio. Otra función de la progesterona es la de intervenir en el desarrollo o crecimiento de los conductos mamarios.
- Estrógenos: Tienen la función de estimular el crecimiento de las glándulas mamarias (crecimiento de los alvéolos mamarios). Un estrógeno presente es la *Foliculina*. Los estrógenos también intervienen en el reblandecimiento o acondicionamiento del canal blando del parto (vagina, cérvix, vulva). Igualmente estimulan la formación de receptores para oxitocina. Existe un sinergismo entre la foliculina y la progesterona, ya que ambas producen el crecimiento de las glándulas y conductos mamarios y también inhiben a la secreción de prolactina, para que así durante la gestación no produzca leche sino calostro.

- Prostaglandina: Produce un relajamiento del cérvix, induciendo la secreción de oxitocina y además destruye el cuerpo lúteo.
- Relaxina: Interviene en la relajación del canal duro del parto. También interviene en el relajamiento de ligamentos y músculos de la cavidad pelviana. En conjunto la relaxina y la prostaglandina provocan la lisis del tapón de Warton.

Tipos de Placentas

- a. Placenta Eptelio-Corial: La membrana coriónica sigue la superficie del epitelio uterino incluso sus hendiduras; sin perforarlo. Típico de cerda y yegua.
- b. Placenta Sindesmocorial: La membrana coriónica perfora el epitelio uterino de manera muy superficial, razón por la cual se encuentra lejos de los vasos sanguíneos del endometrio. Típica de rumiantes.
- c. Placenta Endoteliocorial: La membrana coriónica tiene íntima relación con el endotelio de los vasos sanguíneos del endometrio. Típica de carnívoros.
- d. Placenta Hemocorial: La placenta perfora el vaso sanguíneo y se pone en contacto directo con la sangre de la madre. Típica de roedores.

Formas de Placentas

- Placenta Cotiledonaria: Presenta cotiledones y se adhiere a las carúnculas del endometrio. Propia de rumiantes.
- Placenta Difusa: Se adhiere a toda la superficie del útero.

PARTO

Proceso fisiológico que consiste en la preparación: de la hembra y del feto vivo maduro, y de la expulsión de los líquidos y membranas placentarias (en la vaca toma alrededor de 30 días).

Los partos pueden ser:

- **Eutócicos:** partos normales
- **Distócicos:** Partos dificultosos. Este conlleva desde:
 - ✓ Una extracción forzada del feto
 - ✓ Una fetotomía: extracción del feto en pedazos
 - ✓ Cesárea

Etología: ¿por qué se produce el Parto?

El parto se suscita por:

- a. Envejecimiento o madurez placentaria
Durante la gestación, la placenta está bien adherida al endometrio (placentoma), por lo tanto, la relación humoral madre – feto es fuerte. Pero al final de la gestación (proximidad del parto), el número de células que relacionan la placenta con el endometrio disminuye; también descenderán los niveles de P₄ y empezará a moverse el ión Ca.
- b. Término de la plasticidad uterina
En todas las especies existe una máxima capacidad de estiramiento del útero. Este máximo sobre-estiramiento logra estimular al endometrio a producir contracciones. Estas contracciones llevarán al feto **hacia el feto**. El feto, con sus pezuñas hará un estímulo, a nivel del cérvix, que logrará la producción de oxitocina (liberada de la hipófisis), con esto comenzará a producirse contracciones, a todo este mecanismo se lo conoce como *Reflejo Ferguson*.
- c. Terminación de la relación hormonal madre – feto

Fases del Parto

- a. Preparación o Prodrómica: En la vaca esta etapa se inicia 3 – 4 semanas antes de la expulsión del feto.
- Se produce el desarrollo de las glándulas mamarias y producción de calostro.
 - Por acción de E₂, el canal blando del parto se edematiza.
 - Hay presente moco cervical, debido a la destrucción del tapón de Warton, esto por acción de la relaxina.
 - Disminuyen los niveles de P₄
 - Hay relajamiento de los ligamentos sacrosiáticos, por acción de la relaxina.
- b. Dilatación: se divide en:
- *Pasiva*: dura de 3 – 6 horas
 - ✓ Se relaja el útero y el cérvix
 - ✓ Se presenta el Reflejo de Ferguson, por acción de la oxitocina
 - ✓ Existen contracciones lentas en el útero
 - *Activa*: dura 8 horas
 - ✓ Contracciones fuertes en el útero
 - ✓ Cambio de conducta en la hembra
 - ✓ Aparición de membranas placentarias
 - ✓ Micción aumenta
 - ✓ El feto aún depende de su madre.
- c. Expulsión
- Empieza con la ruptura de las membranas placentarias
 - Esta etapa tiene dos sub-fases:
 - ✓ *Dilatación o Ensanchamiento*: dura de 1 – 6 horas. Aparecen las extremidades (anteriores o posteriores). Luego se asoma la nariz y termina con la aparición de la cabeza, la cual al pasar por el canal del pélvico, estimula a un centro que existe en el sacro. Este estímulo logra la aparición de contracciones

abdominales, la hembra se echa. (la mayoría de las hembras paren acostadas.).

- ✓ *Expulsión propiamente dicha*: salida del feto, dura 15 minutos.

- d. Secundinización: Ocurre aproximadamente 12 horas después de la salida del feto. Consiste en la expulsión de las membranas placentarias. Es importante que el ternero succione el calostro para así estimular, en la madre, la producción de más oxitocina, para que esta pueda eliminar lo loquios uterinos (membranas placentarias).

Ubicación del Feto: parto eutócico

- Actitud: flexión
- Presentación: miembros anteriores y posteriores
- Posición: dorsal

GLÁNDULAS MAMARIAS

La mayoría de las especies tienen las glándulas mamarias en la parte inguinal.

- Cada glándula está separada por un tejido conectivo (estroma de la ubre), este hace que cada glándula sea un eje independiente.
- Al conjunto de glándulas se las conoce como ubre, la misma que tiene varios cuartos mamarios.
- Los ligamentos suspensorios tienen por función mantener suspendida a la ubre.
- Las glándulas, desde el punto de vista histológico están formadas por *alvéolos mamarios* (unidad funcional). Los alvéolos se unen y forman los *lobulillos* y la unión de estos últimos forma el *lóbulo de la glándula*.

- Los alvéolos son lo que secretan la leche, esta será depositada en los *dúctulos alveolotes* y estos forman el *conducto galactóforo*. Luego la leche pasará a las *cisternas glandulares* (en el caso de la cabra) y de aquí estas cisternas se une y van a la *cisterna de la ubre*.
- La cisterna de ubre se comunica, a través de un esfínter, con la *cisterna del pezón*. Después de esta última cisterna existe otro esfínter, el mismo que varía en número según la especie que se trate.

<i>Especie</i>	<i>Número de esfínter</i>
Vaca	1
Cerda y yegua	2
Gata y perra	10

- En perras y cerdas, la leche va de la cisterna de la ubre directamente a la cisterna del pezón.
- En los alvéolos hay tejido secretor y cubriendo a este, tenemos una capa muscular de tejido epitelial constituido por células epiteliales. Sobre estas células, la oxitocina actúa durante 3 minutos, para provocar el vaciado de la leche.
- En los alvéolos encontramos células receptoras de oxitocina.
- Existen unos capilares que cubren al alvéolo, a manera de malla.
- Mientras exista un estímulo, el alvéolo se encontrará lleno de leche.

Desarrollo Parcial de la Glándula Mamaria

- Pubertad: Ahí desarrolla parcialmente la glándula, gracias a la presencia de varias hormonas que intervienen, y las más destacadas son:
 - ✓ *Foliculina*: estimula el crecimiento de: tejido alveolares, ductulos alveolares y alvéolos.
 - ✓ *P₄*: ayuda al crecimiento de los alvéolos

- ✓ *STH*: ayuda al desarrollo de la glándula.
- Tercio final de la Gestación: Aquí se produce el desarrollo completo de la glándula, pero todavía no hay secreción láctea.
 - ✓ *Corticoesteroides* y *STH*: Ayudan al desarrollo del tejido glandular. En este estadio no hay secreción láctea, porque la foliculina y la P₄ actúan sinérgicamente, inhibiendo la producción de prolactina, además existen altos niveles altos de E₂. Solo hay secreción de calostro.

Función Hormonal de la Ubre

Existen hormonas:

- Prolactina: intervienen en la secreción de la leche
 - ✓ Péptido Intestinal Vasoactivo (PIV)
 - ✓ *STH*
 - ✓ Cortisol
- Oxitocina: intervienen en el vaciado de la leche

Secreción de Leche

El estímulo hace que se inhiba, a nivel de las células nerviosas, a un neurotransmisor que es la *dopamina* (inhibidor del PIV), por lo tanto, al bajar la dopamina se incrementan los niveles de PIV. El PIV, estimula la secreción de prolactina, esta última actúa a nivel de los alvéolos y los estimula a producir leche. Al producirse el parto, bajan los E₂, aumentan la prolactina y se produce la secreción láctea.

Incremento de la Secreción Láctea

- *Estímulo*: Se puede incrementar gracias al estímulo del ternero o del ordeñador.
- *Visión*: La visión de la hembra interviene con la producción de leche y con la recuperación de esta para su próxima preñez.

- *Eyección:* El estímulo va al sistema nervioso, luego a la hipófisis y este último estimula la secreción de oxitocina y prolactina

La adrenalina bloquea a la oxitocina y por lo tanto no hay producción de leche

FISIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL MACHO

El mecanismo reproductivo del macho está controlado por el eje Hipotálamo – Hipófisis – Gónadas.

Testículos

- Los encontramos en número de dos.
- Su parénquima está constituido por un 90% de tubos seminíferos y en 10% formado por las células de unión (intersticiales), entre estas células encontramos a las *células de Leydig*, las que se encargan de producir las hormonas masculinas.
- Están recubiertos por una túnica serosa llamada *Túnica Albugínea*, esta los recubre y mantiene su forma.

De esta túnica se desprenden travéculas que forman en el testículo los denominados *lóbulos testiculares*.

En cada lóbulo testicular encontramos un *túbulo seminífero*. Un testículo aproximadamente tiene de 12 – 15 lóbulos testiculares.

Estos túbulos seminíferos convergen hacia el centro del testículo para unirse entre sí y formar una red en el centro, esta se denomina *Red de Testis* o *Testicular*. Luego estos túbulos seguirán uniéndose hasta formar los *vasos eferentes*, estos se mantienen aún dentro del parénquima testicular. Cuando los vasos salen del parénquima, formarán el epidídimo.

La cabeza del epidídimo está formada por 12 – 14 túbulos que abandonaron el parénquima del testículo. Luego estos conductos se unirán para formar un solo conducto el cual se proyecta hacia el polo ventral del epidídimo (en forma enrollada) para formar el cuerpo del epidídimo. Finalmente, cuando el conducto llega hacia el polo ventral, se forma la cola del epidídimo. De la cola sale un solo conducto,

denominado *conducto deferente*, el cual va a desembocar a la altura del cuello de la vejiga, a nivel de la pelvis.

- En los túbulos seminíferos se da lugar a la espermatogénesis.
- Los túbulos están formados por:
 - ✓ Células Espermatogénicas: Forman a los espermatozoides.
 - ✓ Células de Sertoli: Estas tienen una gran importancia en la espermatogénesis, ya que estas producen a las proteínas transportadoras de andrógenos
- En los túbulos seminíferos hay gran producción del fluido intersticial, este sirve para nutrir a los espermatozoides. En los túbulos, la concentración espermática no supera el 2 – 5%. A medida que el fluido llega a la red de Testis y luego a los conductos eferentes ha ocurrido una gran absorción de este fluido, habiendo aquí mayor concentración de espermatozoides, 70%.
- La espermatogénesis tiene una duración de entre 50 – 70 días.
- Una vez que el espermatozoide abandona el testículo, será almacenado en el epidídimo.
- En la cabeza del epidídimo, el espermatozoide, permanece entre 2 – 5 días, aquí se madurarán, se pueden mover y se producen enzimas (aún no activas). Luego pasan al cuerpo del epidídimo y se almacenan en la cola, es por esto que a esta última parte del epidídimo se la denomina reservorio de las células espermatogénicas. En este nivel, cola, los espermatozoides pueden permanecer en un periodo de 3 – 13 días.
- Al producirse el eyaculado, los espermatozoides salen por el conducto deferente y desembocan en la uretra intrapelviana. Junto a los espermatozoides van otras sustancias que provienen de las glándulas accesorias, a la unión de ambas se conoce como *plasma seminal*.

- En la hipófisis se produce la LH, que en caso de los machos se denomina *lutropina*, actúa en los testículos, específicamente estimulará a las células de Leydig a producir:

<i>Andrógenos</i>	Androsterona
	Androstenediona
	Testosterona

- Los andrógenos tienen 3 importantes funciones:
 1. Actúan en forma parácrina en las células de los túbulos seminíferos (células de Sertoli).
 2. Actúan sobre el funcionamiento de las glándulas anexas.
 3. Actúan a nivel de Hipotálamo, cerrando el circuito de retrofuncionalidad del eje Hipotálamo – Hipófisis – Gónadas.

Actividad Hormonal

- FSH o Folitropina
 - ✓ Actúa sobre las células espermatogénicas, estimulándolas a producir espermatozoides.
 - ✓ Estimula a las células de Sertoli a producir más proteínas transportadoras, estas mantienen a los andrógenos más tiempo en la luz del túbulo, contribuyendo así a la espermatogénesis.
 - ✓ También estimula a las células de Sertoli a producir la hormona *Inhibina*, estas tienen un efecto de retrofuncionalidad negativa sobre la hipófisis o hipotálamo, haciendo disminuir la secreción de FSH.
- Testosterona
 - ✓ Niveles altos de testosterona logran bajar los niveles de LH.

Factores que Intervienen en la Espermatogénesis

Para que se produzca la espermatogénesis es importante que:

1. Los testículos hayan descendido a los escrotos.
2. Que exista una diferencia de temperatura de 4°C , entre el organismo (cavidad abdominal) y los testículos.

Cumplidos estos dos puntos, los espermatozoides podrán cumplir con sus funciones de:

- Producir espermatozoides
- Producir hormonas.

Mecanismo de Enfriamiento

La diferencia de temperatura está regida por un mecanismo de enfriamiento, en el que intervienen:

a. Músculos Dartos y Cremáster

Cuando la temperatura es alta, estos se relajan haciendo que los testículos se distancien más de la cavidad abdominal. Cuando la temperatura es baja, estos se contraen y los testículos se acercan más a la cavidad abdominal.

Los músculos cremáster se encuentran a nivel del anillo inguinal

b. Cordón Espermático

Constituido por: venas, arterias, conducto deferente y también un plexo venoso o también denominado Plexo Pampiniforme.

Se denomina Plexo Pampiniforme porque por él circula sangre venosa que viene desde los testículos, con un diferencial de temperatura de -4°C ; esta sangre para salir de los testículos pasa por el plexo y las arterias que van hacia los testículos entran en contacto con el plexo. Las arterias van con sangre con una diferencia de temperatura de un 4°C (en comparación al testículo) y debido al contacto permite que la sangre venosa se caliente y que la sangre arterial baje

su temperatura conforme desciende a los testículos, a este nivel ya tendrá una temperatura de -4°C .

Glándulas Anexas

- c. Vesícula: Aporta con el principal componente del eyaculado, el cual es rico en ácido cítrico, prostaglandina F2 y fructosa.
- d. Los conductos deferentes, terminan más ensanchados a nivel de la vesícula, a este ensanchamiento se conoce como *ampolla*, esta sirve de reservorio de espermatozoides y aquí existirán sustancias nutritivas.
- e. Próstata
 - Glándula que se encuentra adherida a la uretra pelviana
 - *Perro*: Esta es la única glándula anexa que posee, pero cumple la función de todas.
 - *Funciones*:
 - ✓ Produce nutrientes
 - ✓ Produce parte del plasma seminal
 - ✓ Neutraliza el pH del plasma seminal
 - ✓ El eyaculado tienen un pH alcalino y la vagina un pH ácido, la próstata con su secreción ayuda a neutralizar este ambiente.
 - ✓ Le da el olor característico al semen
 - ✓ *Perros, cerdos, equinos*: La próstata, al final, produce una secreción o sustancia gelosa que estimula en la hembra a la producción de oxitocina, esta sustancia tiene prostaglandina F2
- f. Glándulas de Cooper o Bulbo-uretrales
 - Se encuentran ubicadas en el arco isquiático
 - *Funciones*:
 - ✓ Producir una solución pegajosa y transparente, que tiene como función limpiar la uretra y neutralizar el pH de la misma.

Diferenciaciones Anatómicas

- Garañón: Su vesícula se diferencia a la de otras especies por ser de mayor tamaño, y además produce más secreción
- Gato: A nivel de su pene tiene espinas córneas que ayudan al desprendimiento de la mucosa vaginal, esto ayuda a que la hembra secrete LH, lo cual estimula a que se produzca la ovulación
- Perro: Cuando hay penetración, no hay erección total, esta se da en el interior de la vagina. El cuerpo cavernoso y el cuerpo esponjoso se dilatan y se llenan de sangre, y en este momento se produce la eyaculación de 15 – 20 minutos, luego el pene se relaja.
- Flexura Sigmoidea: Es propia de aquellos machos que poseen escaso cuerpo cavernoso y esponjoso.

Bibliografía

- Álvarez Díaz, A., Martín Hernández, T. d., & Pérez Esteban, H. (2009). *Fisiología animal aplicada*. Medellín-Colombia: Universidad de Antioquia.
- Audesirk, T. (1997). *Anatomía y fisiología animal*. México: Prentice Hall.
- Audesirk, T. (2003). *Anatomía y fisiología animal*. Mexico: Prentice Hall 6a ed.
- Audesirk, T., Audesirk, G., & Byers, B. E. (2003). *Anatomía y fisiología animal*. Mexico: Prentice Hall.
- Buxadé Carbó, C. (1995). *Zootecnia base de producción animal : Bases de producción animal*. España: Mundi-Prensa.
- Buxadé Carbó, C. (1995). *Zootecnia base de producción animal : Estructuras, etnología, anatomía y fisiología*. España: Mundi-Prensa.
- Castejón, F., Fraile, & Ponz, F. (1979). *Fundamento de fisiología animal*. Pamplona: Eunsa.
- Church, D. (1993). *Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes*. Acribia.
- Climent, S., & Bascuas, J. (1989). *Cuaderno de Anatomía y Embriología veterinaria*. Madrid: Marbán.
- Cole, H., & Cupps, P. (1984). *Reproducción de los animales domésticos*. Acribia.
- Cortadellas, & Fernandez. (2012). Diagnostico y tratamiento de la enfermedad renal cronica (ERC) en el perro y el gato. *A.V.E.P.A*, 32.
- Cunningham, J. G. (2003). *Artrologia: sindesmologia*. Editum 1ra. ed.

- Cunningham, J. G. (2003). *Fisiología Veterinaria*. España: Elsevier.
- Dukes, H. H. (1960). *Fisiología de los animales domesticos*. USA: Cornell University.
- Escaso Santos, F., & Martínez Guitarte, J. L. (2010). *Fundamentos básicos de fisiología vegetal y animal*. Pearson Educación 1ra. ed.
- Frandsen, R. (1976). *Anatomía y Fisiología de los animales domésticos*. Argentina: Interamericana.
- Frandsen, R. (1984). *Anatomía y Fisiología de los animales domésticos*. Buenos Aires: Interamericana.
- González, A. (1993). *Fundamentos de zootecnia general*. Madrid: EUITA (UPM).
- Hafez. (1996). *Reproducción e Inseminación Artificial em Animales*. México: Interamericana, S.A. 6ta ed.
- Hill, R. W. (1979). *Fisiología Animal Comparada*. Barcelona-España: Richard W. Hill.
- Hobbs, et al.. (2002). Ethics, domestic mestic food policy and trade law: assessing the EU animal welfare proposal to the WTO. *Food Policy*.
- Horst Erich König, H.-G. L. (2005). *Anatomia de los Animales Domesticos*. Montevideo-Uruguay: Medica Panamericana.
- James G. Cunningham, B. G. (2009). *Fisiología Veterinaria*. España: Elsevier .
- Klein, B. (2014). *Cunningham Fisiología Veterinaria*. España: ELSEVIER 5ta ed.
- Klein, B. G. (2013). *Fisiología Veterinaria*. España: Elsevier.

- Knut Schmidt, N. (1981). *Fisiología Animal*. México: Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana, UTEH.
- Kolb, E. (1971). *Fisiología veterinaria*. Acribia.
- Kolb, E. (1976). *Fisiología Veterinaria*. Acribia.
- König, H. E. (2005). *Anatomía de los Animales Domésticos*. Medica Veterinaria 2da. ed.
- Luis Palacios Raufast, J. B. (2005). *Fisiología Animal*. Barcelona-España: Edicions Universitat Barcelona.
- Manteca, X. (1999). Bienestar animal. *Anaporc*, 188, 87-97.
- Moyes, C. D., & Schulte, P. M. (2007). *Principios de Fisiología Animal*. Pearson Educación 2da ed.
- Noden, D., & Lahunta, A. (1990). *Embriología de los animales domésticos*. Zaragoza: Acribia.
- Reviero, R. (2003). *Cuadernos Prácticos de osteología veterinaria*. Editum 1ra ed.
- Richard W. Hill, G. A. (2006). *Fisiología Animal*. Madrid-España: Ed. Médica Panamericana.
- Rodríguez, J. (1990). *Morfología y fisiología animal. Crecimiento*. Madrid: ETSI Agrónomo.
- Sisson, S., & Grossman, J. (1979). *Anatomía de los animales domésticos*. Barcelona: Salvat.
- Smidt, D., & Ellendorff. (1972). *Endocrinología y Fisiología de la Reproducción de los animales zootécnicos*. Acribia.
- Svendsen, P. (1976). *Introducción a la fisiología animal*. España: Acribia.
- Wilson, J. (1989). *Fundamentos de la fisiología animal*. Limusa.