



**PROCESOS FISIOLÓGICOS  
ASOCIADOS A LA DIGESTIÓN DE LOS  
ALIMENTOS.  
CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD.**

**Marzo, 2017**

Utiliza el conocimiento básico de los procesos fisiológicos asociados a la digestión, para establecer prácticas de manejo que conlleven a la mejor eficiencia alimenticia en rumiantes y no rumiantes.

**COMPETENCIA**

Hasta ahora hemos visto los órganos que conforman el **sistema digestivo** en los animales (rumiantes y no rumiantes) de interés zootécnico. Estudiamos a detalle la **digestión** (mecánica, enzimática y fermentativa) de las fracciones nutricionales (carbohidratos, proteínas y lípidos).

Pero, **¿cómo funciona el proceso digestivo?**

## FUNCIÓN DIGESTIVA

- 1. Digestión de los alimentos, mediante acciones de tipo mecánico y químico.*
- 2. Absorción de los nutrientes*
- 3. Producir movimientos que permitan el proceso de digestión y el tránsito del contenido gastrointestinal.*
- 4. Impedir la entrada de sustancias tóxicas.*

## PROCESOS FISIOLÓGICOS ASOCIADOS A LA FUNCIÓN DEL TGI

### 1. *Ingestión de los alimentos:*

- Prehensión: Labios, dientes, lengua
- Masticación/ Insalivación
- Deglución

2. *Secreción:* Agua, ácidos, amortiguadores y enzimas en la luz del tubo digestivo.

3. *Mezclado y propulsión:* Contracción y relajación alternadas del músculo liso de la pared del tubo digestivo mezcla los alimentos y secreciones, además de impulsarlos en dirección al ano: **Motilidad.**

### 4. *Digestión:*

- Procesos mecánicos : Corte, trituración
- Procesos químicos: Digestión enzimática y fermentativa

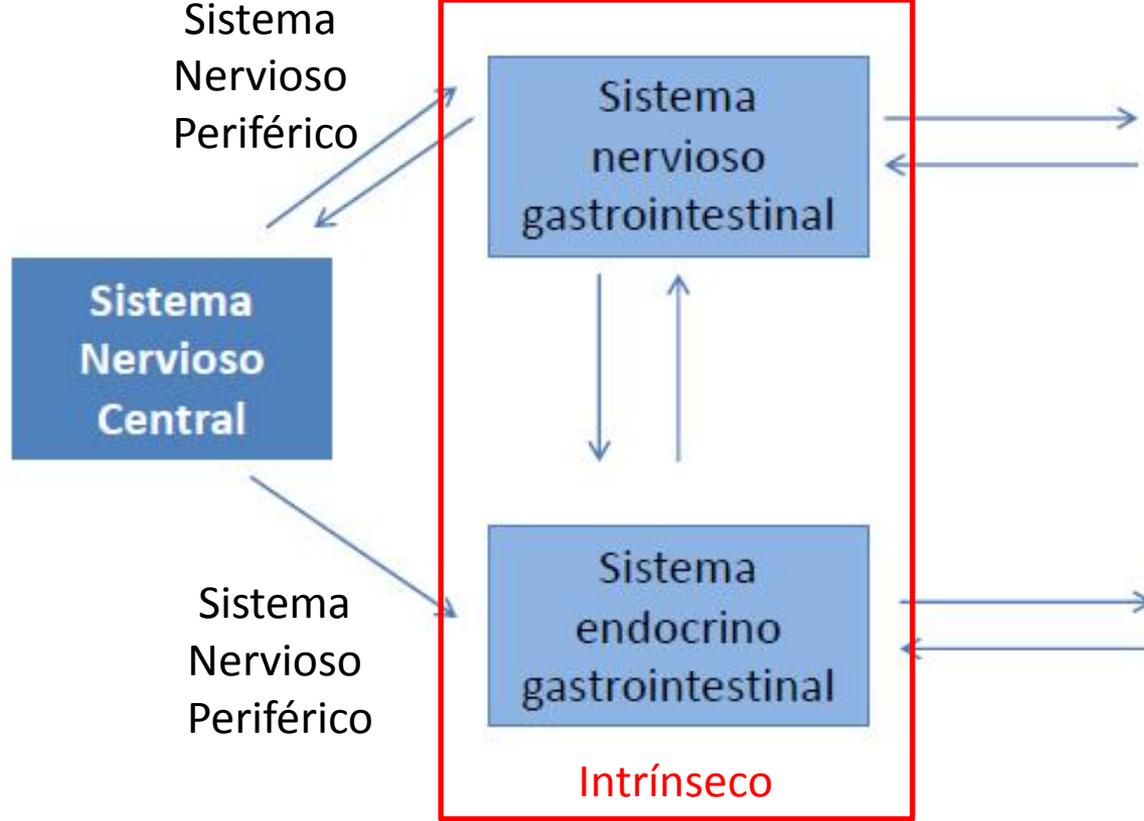
5. *Absorción:* Transporte activo o difusión pasiva. Vía sanguínea o linfática.

6. *Defecación:* Desechos, sustancias no digeribles, bacterias, células del revestimiento del tubo digestivo y materiales digeridos que no fueron absorbidos.

# CONTROL DE LOS PROCESOS FISIOLÓGICOS

- SISTEMA NERVIOSO CENTRAL
- SISTEMA NERVIOSO PERIFÉRICO
  - AUTÓNOMO - VISCERAL
    - SIMPÁTICO: Modulación inhibitoria
    - PARASIMPÁTICO: Modulación excitatoria
  - SENTITIVO - SOMÁTICO
- SISTEMA NERVIOSO GASTROINTESTINAL (INTRÍNSECO) O ENTERICO

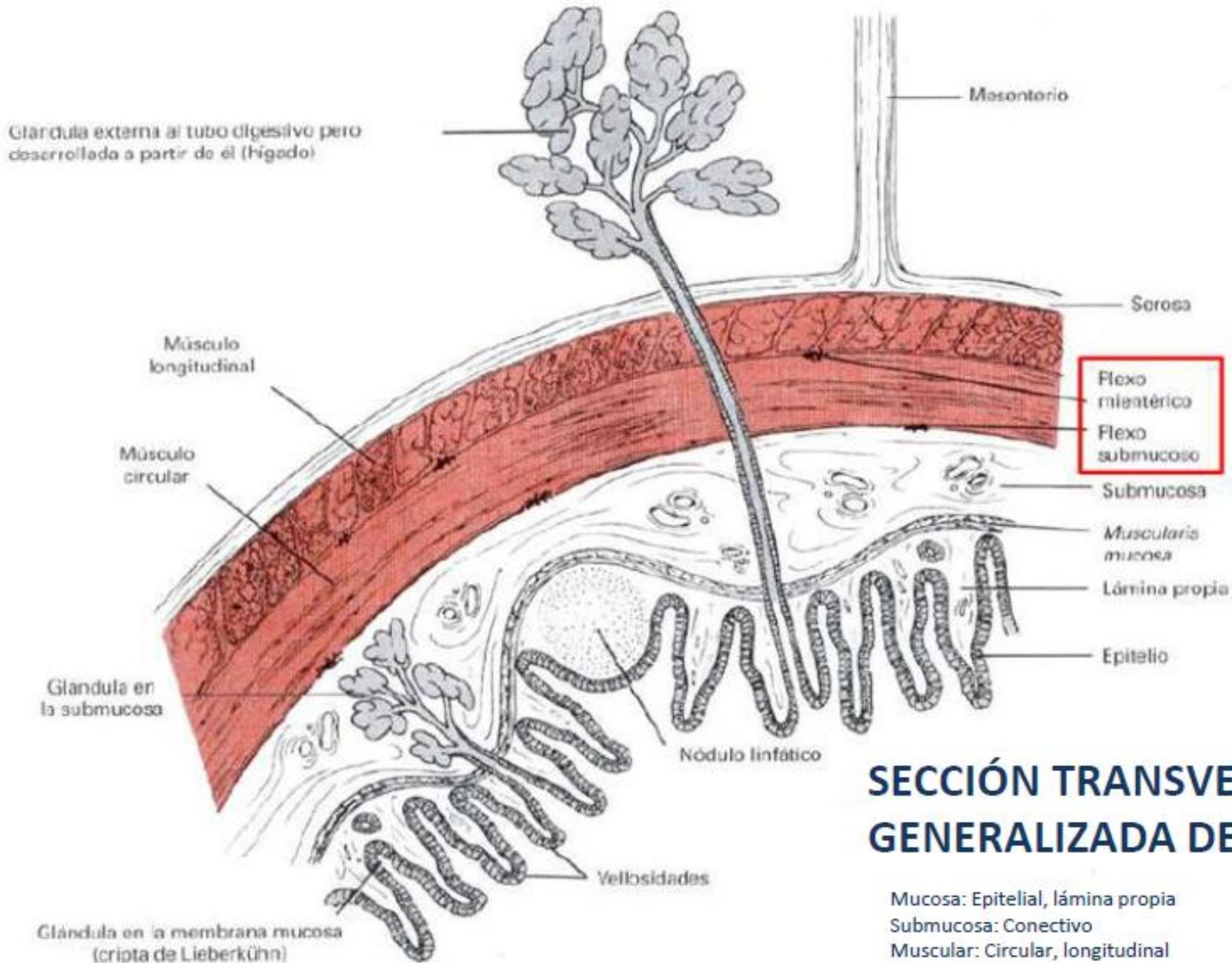
¡La compleja función gastrointestinal requirió un control adicional al del sistema nervioso autónomo!



Funciones motoras y secretoras del tracto gastrointestinal

## CONTROL DE LA FUNCIÓN GASTROINTESTINAL

ACCIÓN COMBINADA DE LAS CÉLULAS EPITELIALES DEL TGI (DIGESTIÓN, SECRECIÓN, ABSORCIÓN), JUNTO CON LA ACCIÓN SECRETORAS DE LAS GLANDULAS ACCESORIAS (GLANDULAS SALIVALES, PANCREAS, HÍGADO) Y DE LA MUCOSA INTESTINAL Y LA ACTIVIDAD MOTORA DE LA MUSCULATURA.



## SECCIÓN TRANSVERSAL GENERALIZADA DEL TGI

- Mucosa: Epitelial, lámina propia
- Submucosa: Conectivo
- Muscular: Circular, longitudinal
- Serosa: Epitelial

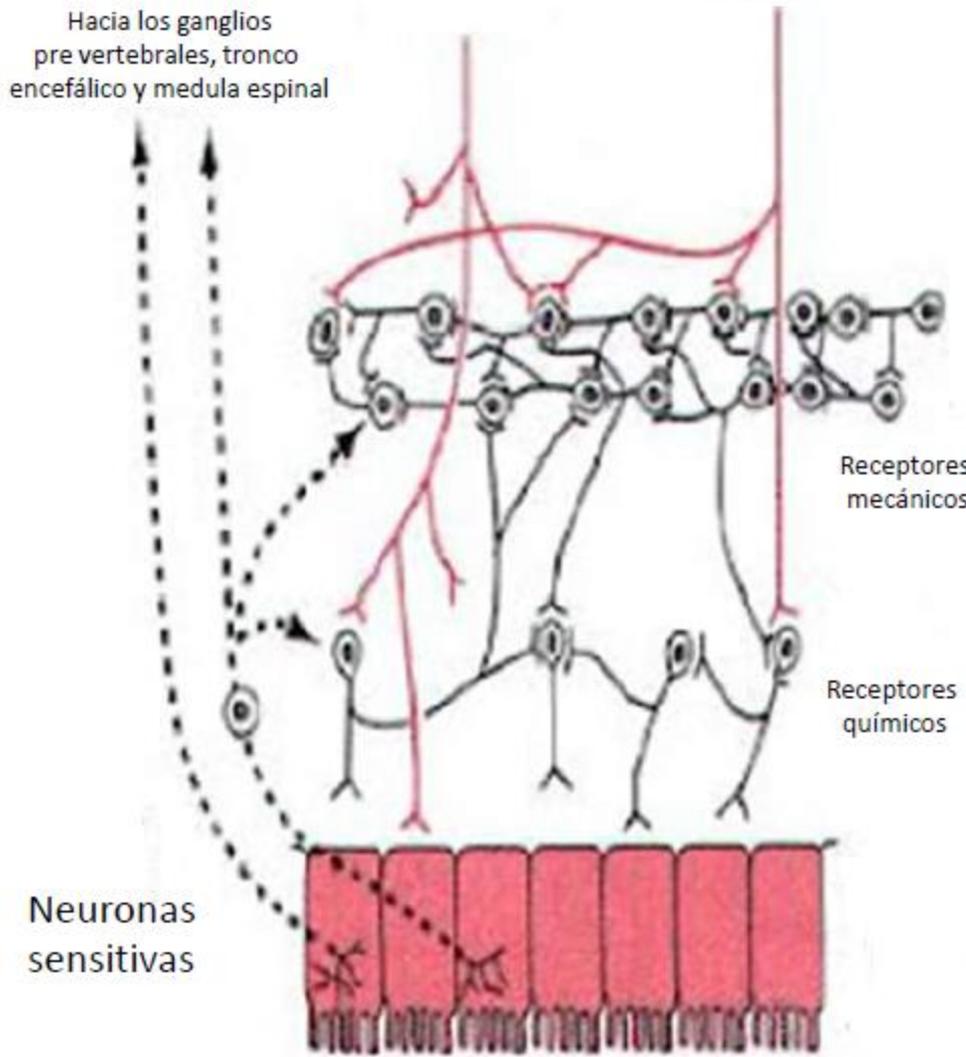
Simpático

Parasimpático\*

➔ Sistema nervioso autónomo

Hacia los ganglios  
pre vertebrales, tronco  
encefálico y medula espinal

Nervio Vago



## Sistema nervioso gastrointestinal



Plexo mientérico  
de Auerbach  
Control movimientos  
gastrointestinales

Plexo submucoso  
de Meissner  
Control secreciones  
gastrointestinales y  
flujo sanguíneo

Epitelio

\* Nervios pélvicos a nivel del recto

# SISTEMA ENDOCRINO INTRÍNSECO

Células distribuidas por todo el epitelio  
acción endocrina, paracrina o autocrina

## PRINCIPALES HORMONAS GASTROINTESTINALES

Hormona	Sitio de producción		Acción	Estímulo de liberación
Gastrina	Estómago distal	Primario	Estimula la secreción ácida de las glándulas estomacales	La proteína estomacal; pH alto; estimulación del nervio vago
		Secundario	Estimula la motilidad gástrica, el crecimiento del epitelio estomacal	
Secretina	Duodeno	Primario	Estimula la secreción pancreática	Ácido en el duodeno
		Secundario	Estimula la secreción biliar de bicarbonato	
Colecistoquinina (CCK)	Todo el intestino delgado (duodeno principalmente)	Primario	Estimula la secreción pancreática	Proteínas y grasas en el intestino delgado
		Secundario	Inhibe el vaciado gástrico	
Polipéptido inhibitorio gástrico (GIP)	Duodeno y yeyuno	Primario	Inhibe la motilidad gástrica y la actividad secretora	Carbohidratos y grasas en el intestino delgado
		Secundario	Estimula la secreción de insulina	
Motilina	Duodeno y yeyuno	Primario	Motilidad interdigestiva (?)	Acetilcolina
		Secundario	Regulación del tono del esfínter esofágico inferior	

PREHENSION, MASTICACION, DEGLUCION

# CONSUMO DE ALIMENTOS

# CONSUMO: TERMINOLOGÍA

- **CONSUMO VOLUNTARIO:** Cantidad de alimento o materia seca consumido durante un periodo de tiempo.
- **CONSUMO POTENCIAL:** Cantidad de alimento requerido para cubrir todos los requerimientos de nutrientes de un animal (Forbes, 1986).
- **HAMBRE:** Deseo o impulso de comer en respuesta a estímulos de corto plazo.

# Otras definiciones

- **SELECTIVIDAD:** Características de un alimento que indican un consumo preferencial entre subcomponentes de un alimento (hoja vs. tallo).
- **PREFERENCIA:** Aceptabilidad relativa de un alimento cuando se da la posibilidad de elección entre dos o más alimentos. Indicador de palatabilidad (Mertens, 1994).
- **PALATABILIDAD:**
  - Impresión sensorial que el animal recibe del alimento (Forbes, 1986).
  - Características de un alimento que indican su aceptabilidad (asociado a los sentidos). Afecta la preferencia (escogencia entre varios) y la tasa de consumo (Mertens, 1994).

# CENTROS REGULADORES DEL CONSUMO

## HIPOTALAMO



# MECANISMOS REGULADORES DEL CONSUMO

## QUIMICOS

Niveles de glucosa (**teoría glucoestática**)

- Hipoglicemia, estimula el centro del consumo
- Hiperglicemia, estimula el centro de saciedad

Electrolitos circulantes (**teoría osmótica**)

Consumo de proteínas

(satisfacción de los requerimientos de aminoácidos)

Concentración de ácidos grasos (**teoría lipostática**)

## FISICOS

**Distensión del tracto gastrointestinal**

Ambiente (**teoría termostática**)

producción de calor extra-calórico debido a la digestión y al metabolismo.

## AMBIENTE

# Fases en el consumo de alimentos:

**Identificación:** Señales tele receptoras (visión y olfato), Vías neuronales y memoria.



**Prehensión:** Tacto, Gusto y digestión, Interacción social



**Consumo:** Señales metabólicas, Señales postdigestivas, Composición del alimento, Ambiente.

## ...EN AVES

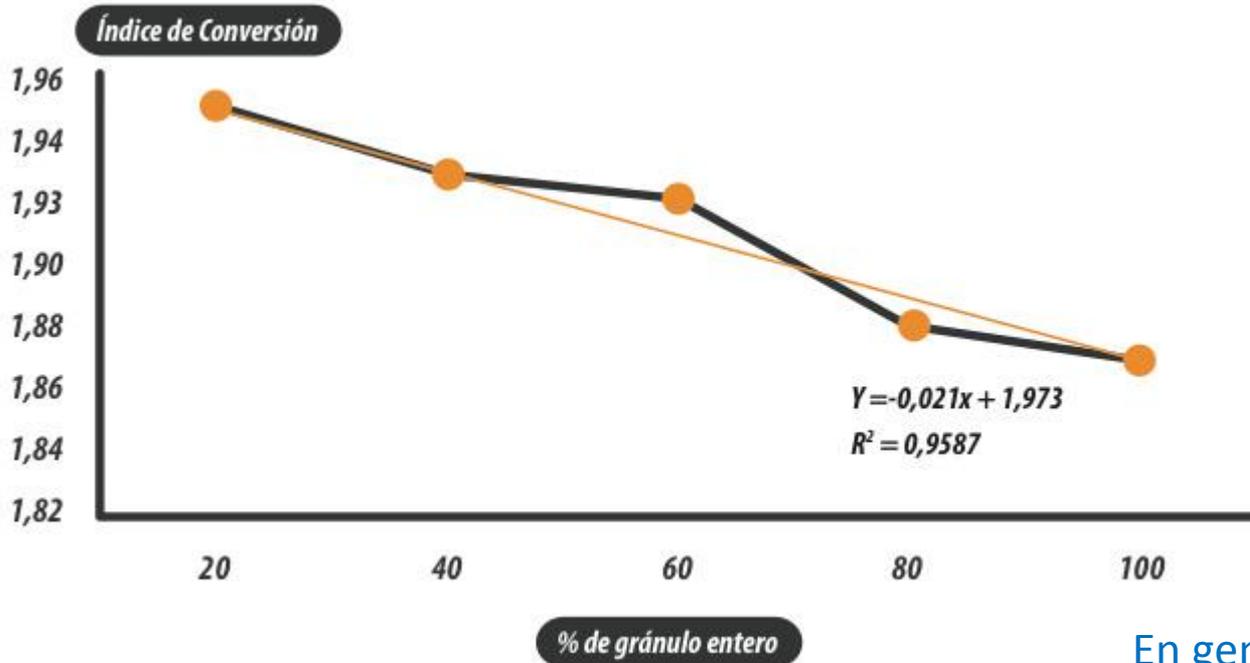
- Tipo y forma del alimento/tamaño de partículas.
- Disponibilidad de agua.
- Suministro de alimento: restringido, *ad libitum*
- Tipo de comedero : color, densidad
- Horas de iluminación: natural, artificial
- Señales químicas de saciedad (teoría glucostática y lipostática).

## Forma del pienso (alimento) según la edad de las aves

Edad	Forma y tamaño del pienso
0-10 días	Migajas tamizadas o mini-gránulos (minipelets)
11-24 días	Pelets de 2-3,5 mm de diámetro o harina gruesa
De 25 días al sacrificio	Pelets de 3,5 mm de diámetro o harina gruesa

Es preferible que los piensos vengan en forma de **migajas de buena calidad**, más que en harina; sin embargo, si se opta por la harina, las partículas de ésta deberán ser suficientemente gruesas y de tamaño uniforme. Los piensos en harina se pueden mejorar si se incluye algún tipo de grasa en su formulación

<b>Tamaño partícula (mm)</b>	<b>Consumo en Kg días 21 a 42</b>	<b>Ganancia peso en Kg días 21 a 42</b>	<b>Índice de conversión (IC)</b>
1,99	2,23	1,12	1,99
1,76	2,66	1,51	1,76
1,82	2,87	1,57	1,82
1,76	2,86	1,62	1,76
<i>p</i>	0,001	0,002	0,012



En general, dificultad para alimentos muy grandes o muy pequeños



## ¿PUEDE EL TIPO DE ALIMENTO GENERAR CAMBIOS ANATOMICOS Y FUNCIONALES?

<i><b>Diámetro medio (micras)</b></i>	<i><b>Peso molleja a 42 días (gr)</b></i>
<b>367</b>	<b>26</b>
<b>769</b>	<b>36</b>
<b>888</b>	<b>35</b>
<b>1100</b>	<b>41</b>
<b>1175</b>	<b>42</b>
<b>1224</b>	<b>43</b>

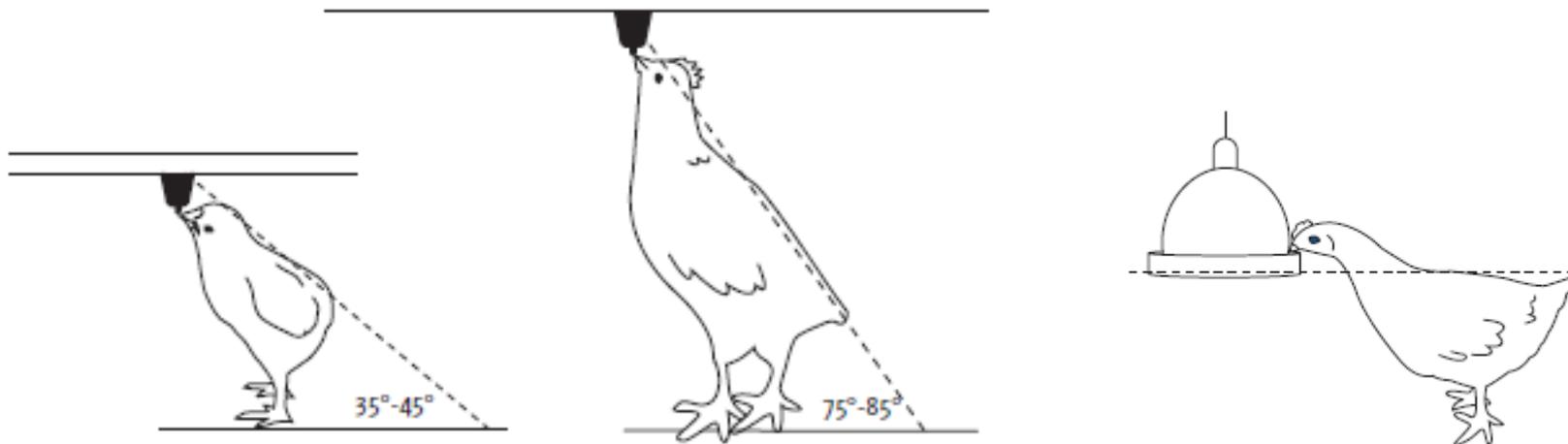
¿Como será la molleja de gallinas en sistemas a pastoreo?

# PRACTICAS DE MANEJO ASOCIADAS A FAVORECER EL CONSUMO DE AGUA Y ALIMENTO EN AVES

- Conservar los bebederos con buena altura y nivel de agua de modo que el pollo no presente dificultades para el acceso a ésta.
- Procurar que el agua al nivel del bebedero esté siempre fresca y limpia. Acceso las 24 h.
- Estimular el consumo de alimento continuamente, para esto remover frecuentemente los comederos y suministrar alimento diariamente de modo que siempre se encuentre fresco.



# Consumo de agua en bebederos de Niple y/o Campana



**El pico de las aves debe abrirse  
en forma de un embudo**

**Ajustes diarios de la altura del bebedero.  
Suficiente espacio y numero de bebederos  
Fácil acceso.**



**Las patas de las aves deben estar bien asentadas en la cama**

Los pollos de engorde beben al menos el doble de agua que la cantidad de alimento consumido con base en el peso.

¿En época de calor?



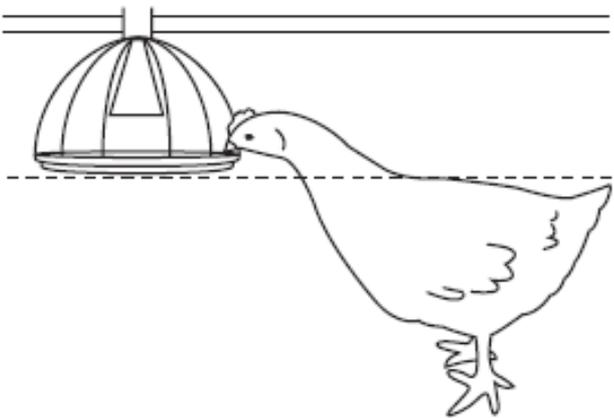
Veán como los pollos abren bien los picos



# CONSUMO DE ALIMENTOS Y MANEJO DE LOS COMEDEROS



Las aves poseen receptores mecánicos y químicos que les permiten discernir rápidamente la calidad de un alimento por sus propiedades de **textura y sabor**.



## Acceso

Nivel: dorso de las aves

- Garantizar suficiente número de comederos según aves.
- Ajustes diarios de la altura.

## Vista

Comederos diseñados para favorecer el consumo basado en el espectro visual de las aves

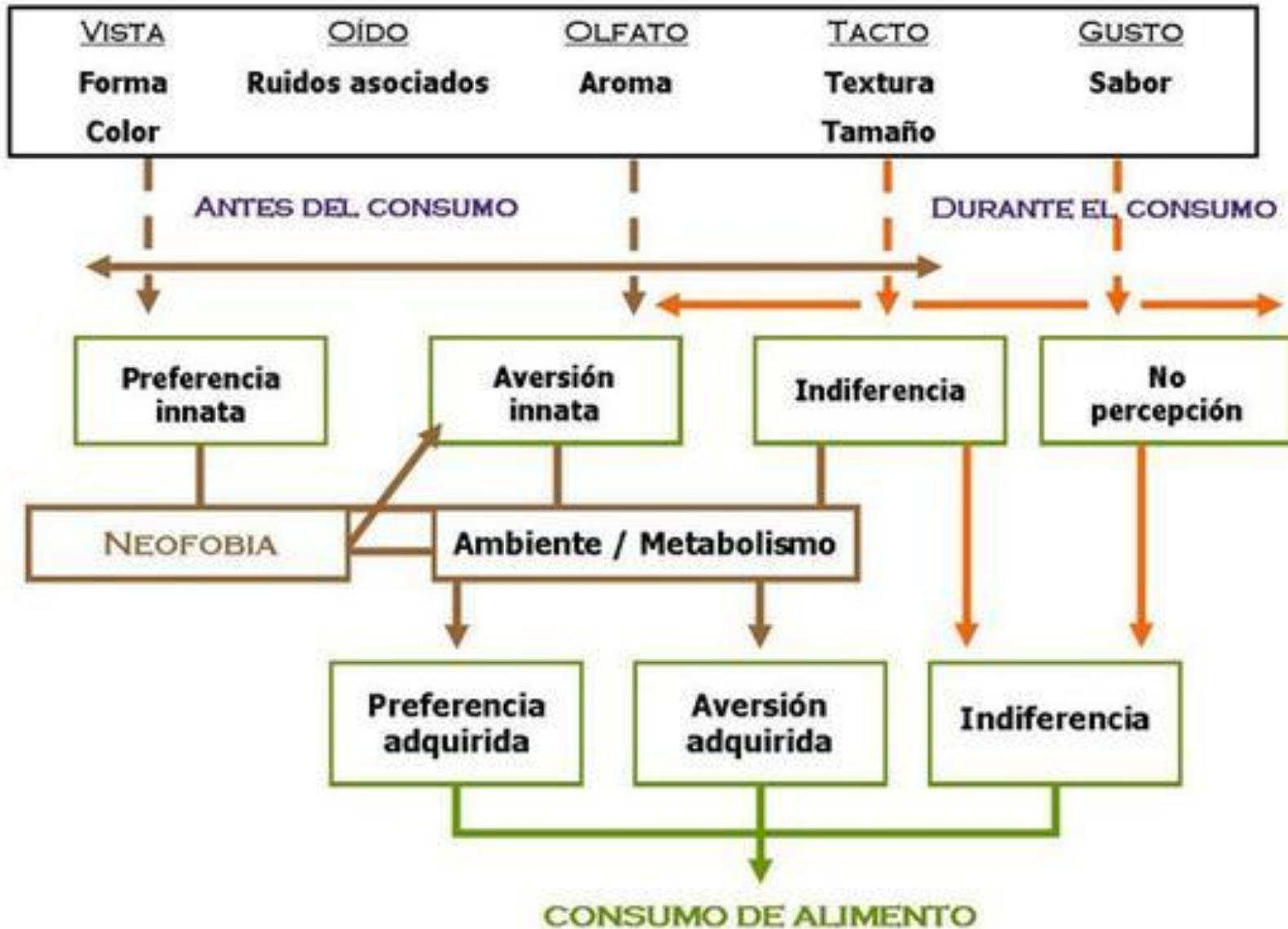


# RITMOS DE ALIMENTACIÓN EN AVES

- El consumo es regular a lo largo del día, aunque existen referencias de que puede aumentar al principio y final del periodo de luz.
- En horas nocturnas y sin luz artificial no hay consumo, excepto en pollos de engorde criados en galpones convencionales, donde se observó consumo de alimento en horas nocturnas en noches con luna llena donde la claridad les permitió ubicar el comedero (Borges, 2010) .
- En gallinas ponedoras se observan picos al final del día, sobre todo en fase de calcificación del huevo.
- Pueden adaptarse a ritmos diferentes (restricción en periodos del día).
- Comercialmente: Suministro de alimento en las horas de la mañana (ponedoras) y libre acceso al alimento durante todo el día (pollos de engorde).

**¿EN CLIMA CALIDO PUDIERA PENSARSE EN MANEJOS DIFERENTES?**

# ...En cerdos



**Factores que afectan el consumo de alimento en cerdos**

# Factores de manejo asociadas a fisiología digestiva en cerdos

- ✓ **Destete:** proceso de remoción de la cría de su madre, fin de etapa de lactación. Técnica de manejo para mejorar la productividad de la cerda (N° lechones/ cerda/ año)

## Cambios: medioambientales, nutricionales y psicológicos

### En cuanto a:

- Interacción cerda-lechón,
- Presentación de la dieta (líquida y alta digestibilidad a seca de menor digestibilidad),
- Bajo o nulo consumo de alimento al destete,
- Tracto gastrointestinal inmaduro,
- Producción enzimática endógena escasa, atrofia del epitelio intestinal, respuesta inmune y estrés.

## Efecto de la edad al postdestete y edad al destete sobre la altura de las vellosidades intestinales en lechones

Edad (días)	Lechón lactante	Edad al destete	
		21	35
Altura de las vellosidades ( $\mu\text{m}$ )			
2	718 +/- 95	-	-
10	703 +/- 32	-	-
21	527 +/- 35	527 +/- 35	-
24	-	<u>183 +/- 17</u>	-
28	416 +/- 41	216 +/- 17	-
35	410 +/- 31	313 +/- 14	410 +/- 31
38	-	-	<u>299 +/- 21</u>
42	-	429 +/- 38	424 +/- 9
49	-	437 +/- 16	-

Cera et al, 1988

Alteraciones en el sistema digestivo y reducción en el crecimiento de la vellosidades intestinales, menor digestibilidad de nutrientes y menor crecimiento.

Cambio drástico de la leche materna a una dieta en seco basada en cereales y proteínas de menor digestibilidad, ocasiona un periodo de **ayuno**.

## Efecto de la edad post destete sobre la digestibilidad de los nutrientes

	Semana postdestete			
	1	2	3	4
	Digestibilidad (%)			
<b>Materia seca (%)</b>	74,2	72,0	70,0	77,0
<b>Proteína cruda</b>	65,2	68,1	71,1	73,4

Cera et al.,1989

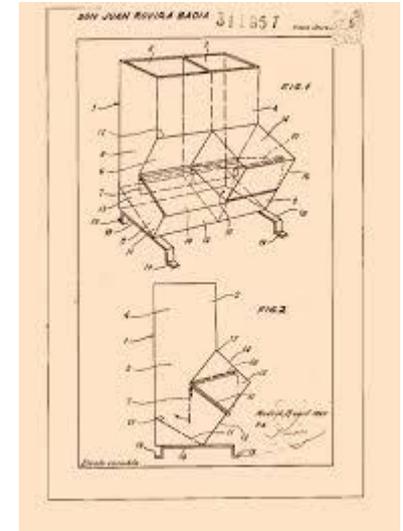
## Técnicas de manejo usadas para promover mejoras:

- Uso de acidificantes, enzimas exógenas en dietas para lechones mejora la digestión
- Uso de acidificantes y electrolitos para estrés calórico en aves

Cualquier mejora de la estructura intestinal de los lechones al destete, ayudará a los productores a utilizar el enorme potencial de crecimiento de los lechones. Esto conducirá a un aumento de la velocidad de crecimiento, la eficacia alimenticia y la composición corporal a lo largo de la fase de crecimiento-ceba.



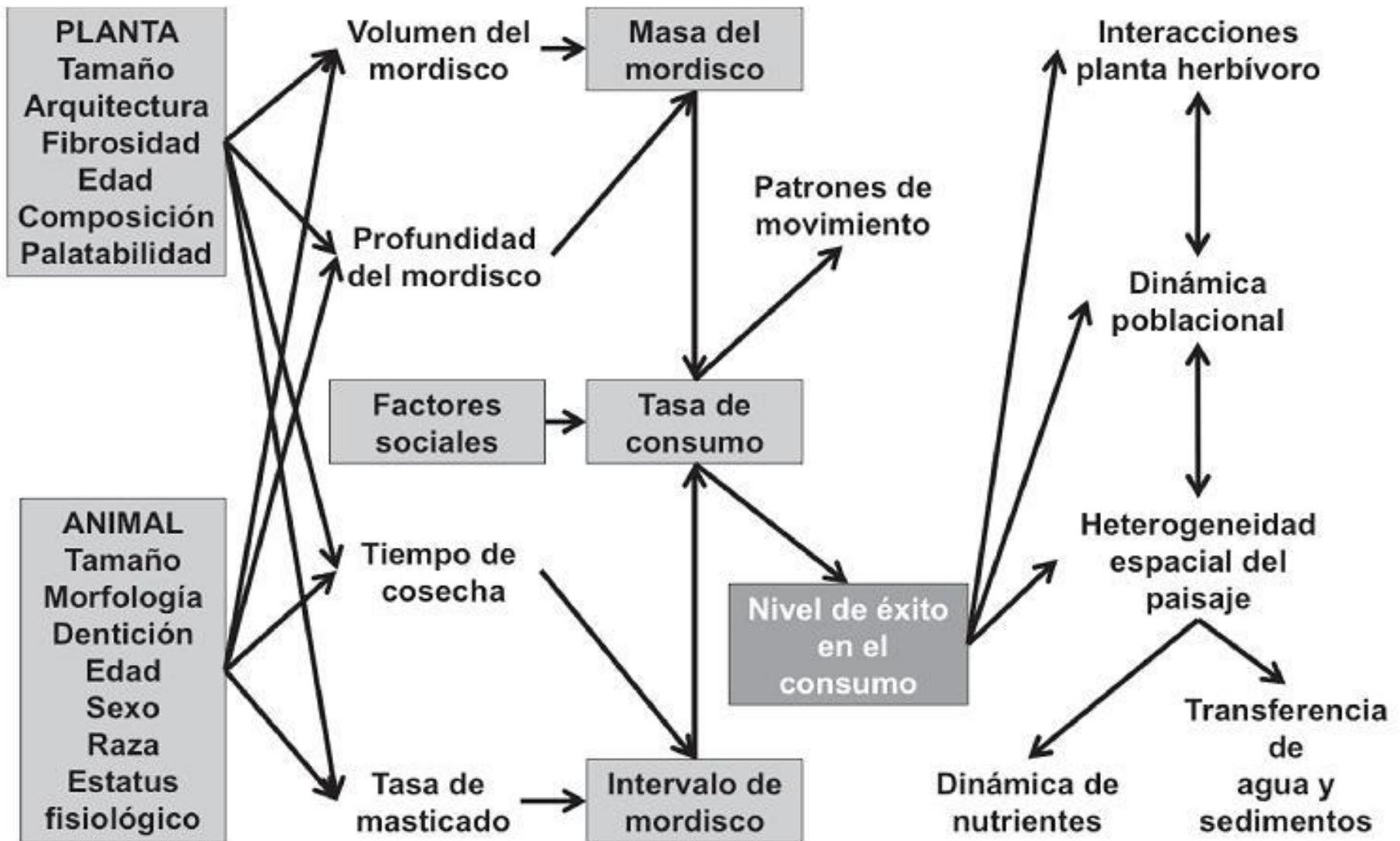
COMEDERO EN ACERO INOXIDABLE SENCILLO



**COMEDEROS USADOS EN LOS CERDOS**

# ...En rumiantes

- **Distensión ruminal.** Calidad y tamaño de la fibra (necesidad de repicar el pasto; suplementación estratégica para mejorar el ambiente ruminal).
- **Sociabilización.** Jerarquía y Rango Social
- **Estabulación.** Tipo de comedero (adaptado a la especie y grupo etario), ubicación de los comederos, acceso a agua, confort térmico.
- **Pastoreo**
  - Biomasa (MS/ha)
  - Altura de pastoreo
  - Hora y condiciones ambientales durante el pastoreo.
  - OVINOS: Selectividad
  - CABRAS: Posibilidad de ramoneo.



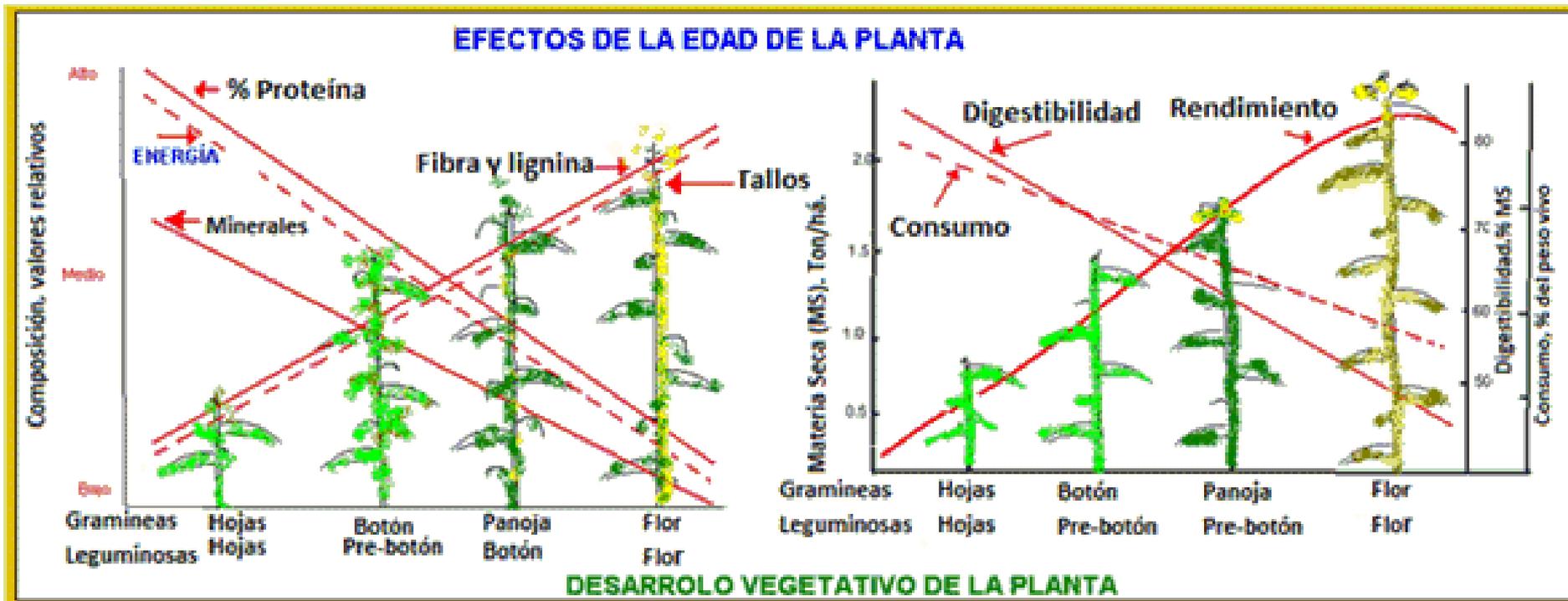
**Modelo de las relaciones entre las características de las plantas, el comportamiento de Consumo y el escalamiento hasta nivel ecosistémico.**

**Searle y Shipley, 2008**

# ¿Cuál prefieres?

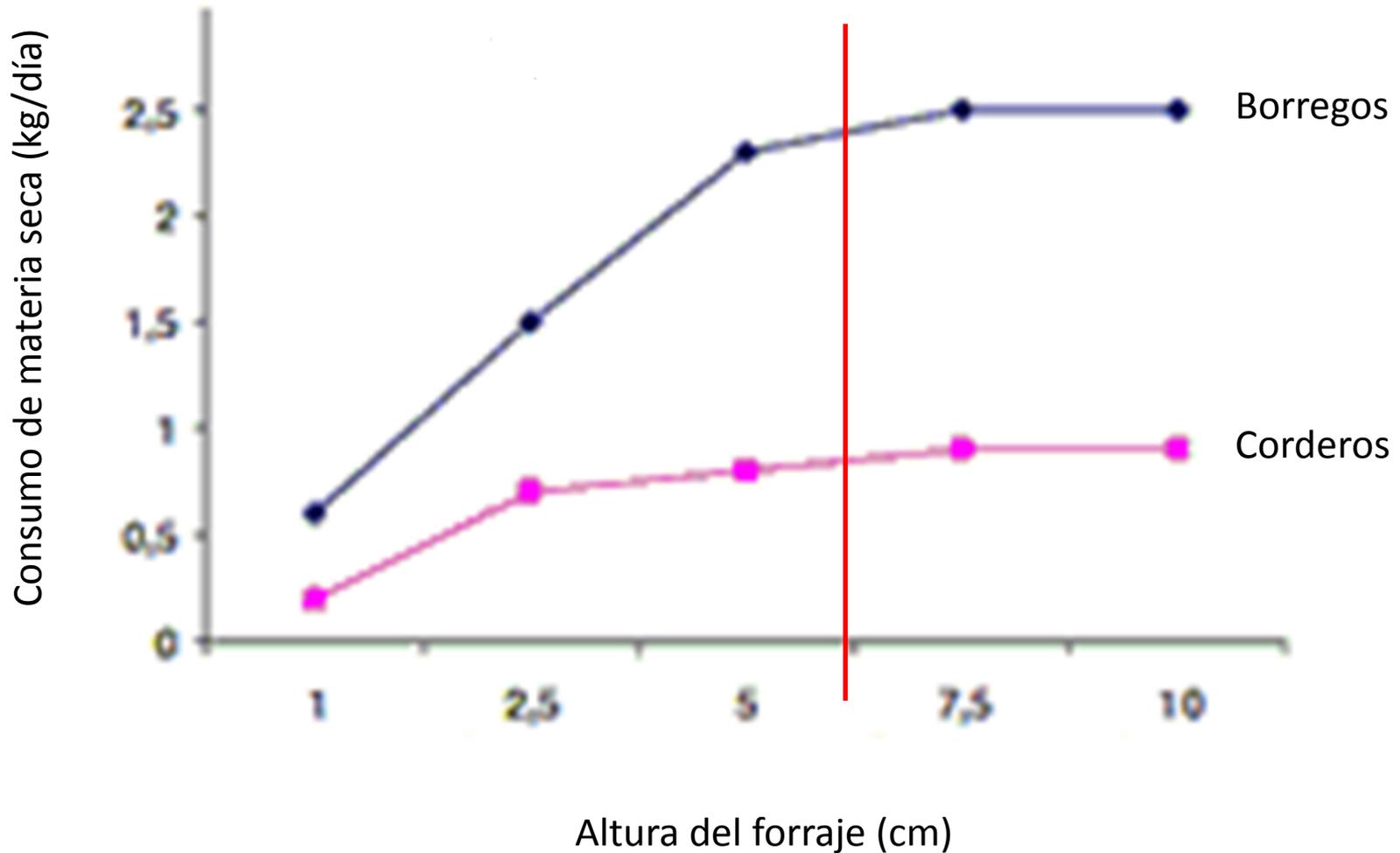


## ESQUEMA BASICO DE LA RELACIÓN ENTRE LA EDAD DE LA PLANTA Y SU CONTENIDO NUTRICIONAL RELATIVO Y ENTRE LA EDAD DE LA PLANTA Y SU RENDIMIENTO Y CONSUMO-DIGESTIBILIDAD

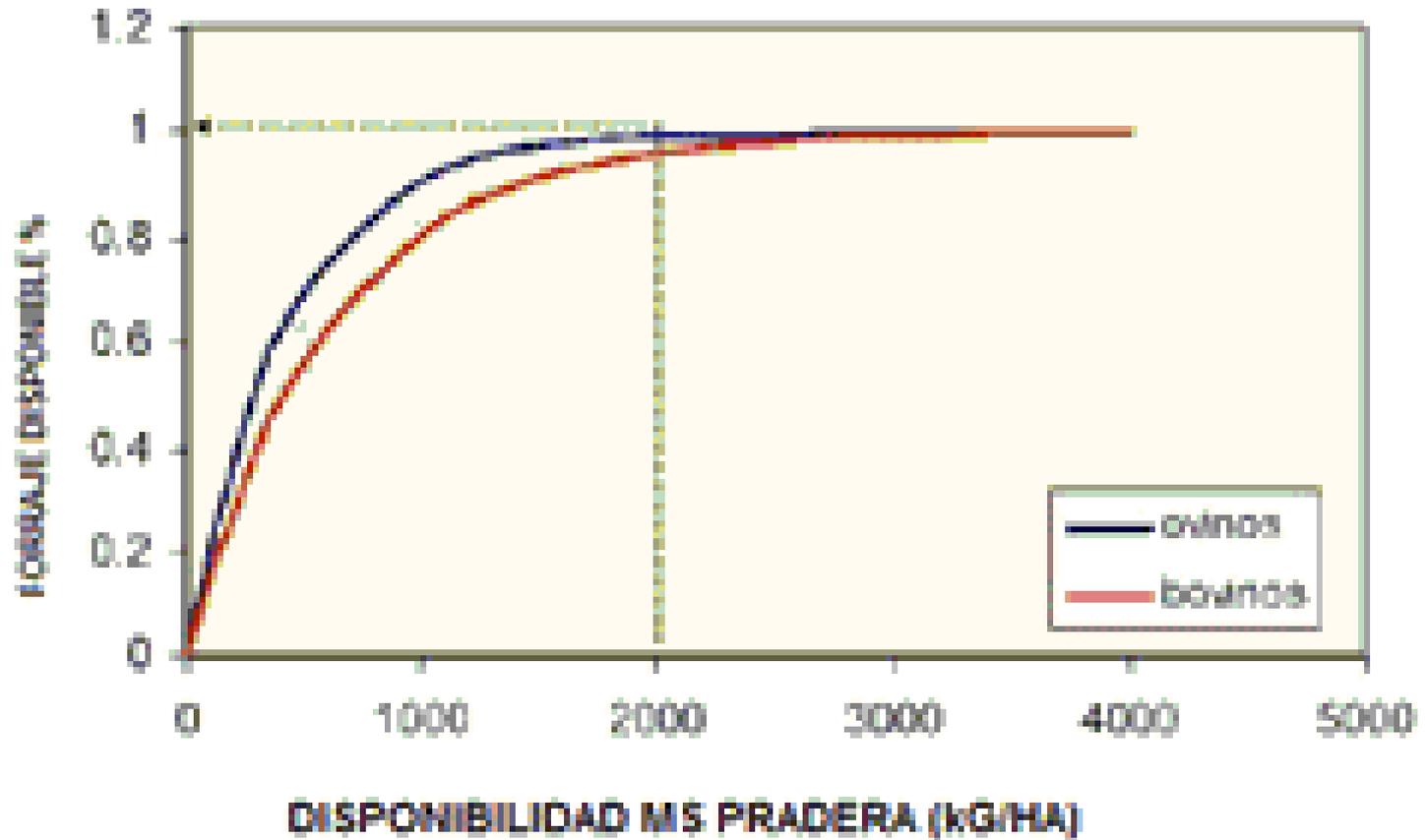


**EN RUMIANTES TANTO A PASTOREO COMO EN SISTEMAS DE CORTE Y ACARREO ES IMPORTANTE EL MANEJO DE LOS PASTOS Y FORRAJES PARA MEJORAR LOS INDICES DE CONSUMO, DIGESTIBILIDAD Y EFICIENCIA PRODUCTIVA. DE LOS REBAÑOS.**

# ALTURA DEL FORRAJE SOBRE EL CONSUMO DE MATERIA SECA EN BORREGOS Y CORDEROS



## Sobre el consumo de forraje





Cabras y capacidad de ramoneo



Cabras y capacidad de ramoneo

shengtaiqd



**En cabras y ovejas (pequeños rumiantes) es necesario colocar el alimento alto para evitar su contaminación con heces, tierra, etc. y favorecer su consumo (prehensión).**



## COMEDEROS PARA VACUNOS Y/O GRANDES RUMIANTES



## En general, para todas las especies, factores que pueden estar afectando la ingestión de alimentos

### Regulación de la ingesta de alimento:

- Periodicidad prandial
  - Duración del periodo de ayuno previo
  - Magnitud de una comida
  - Sensación de hambre
  - Sensación de saciedad
  - Oferta de alimento
  - Elección visual (aves)
  - Periodo de luz y oscuridad
  - Disponibilidad de agua
  - Tamaño y edad del animal
-

## Periodicidad prandial en aves y rumiantes.



Rumiantes: 8 a 12 comidas diarias de 20 a 200 minutos.

Aves: 40 a 50 comidas diarias de 2 a 3 minutos.

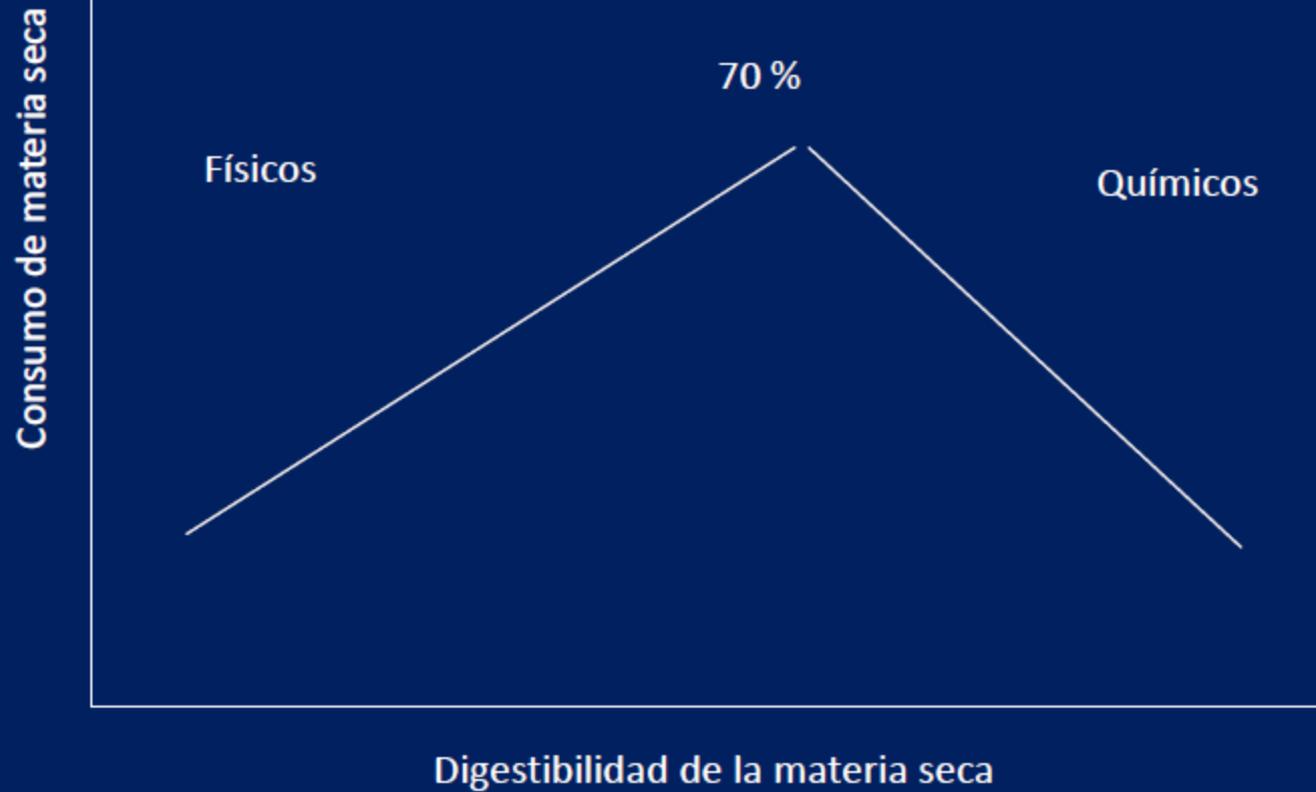
## Características especiales de la regulación del consumo en no rumiantes:

- 1. Consumo voluntario adaptado a satisfacer los requerimientos de energía
- 2. Alta influencia del nivel de glicemia en la regulación del consumo y la saciedad.
- 3. Poco importante la distensión del TGI

## Características especiales de la regulación del consumo en rumiantes:

1. Consumo adaptado para satisfacer los requerimientos.
2. Dietas generalmente de baja densidad energética y por tanto poco efecto del consumo de energía en la regulación del consumo.
3. Efecto importante de la distensión ruminal y la velocidad de tránsito sobre el consumo.

## Relación de efectos físicos y químicos sobre el consumo en rumiantes



Glándulas salivares. Región glandular del estomago.  
Vesícula biliar. Páncreas.

**SECRECIÓN**

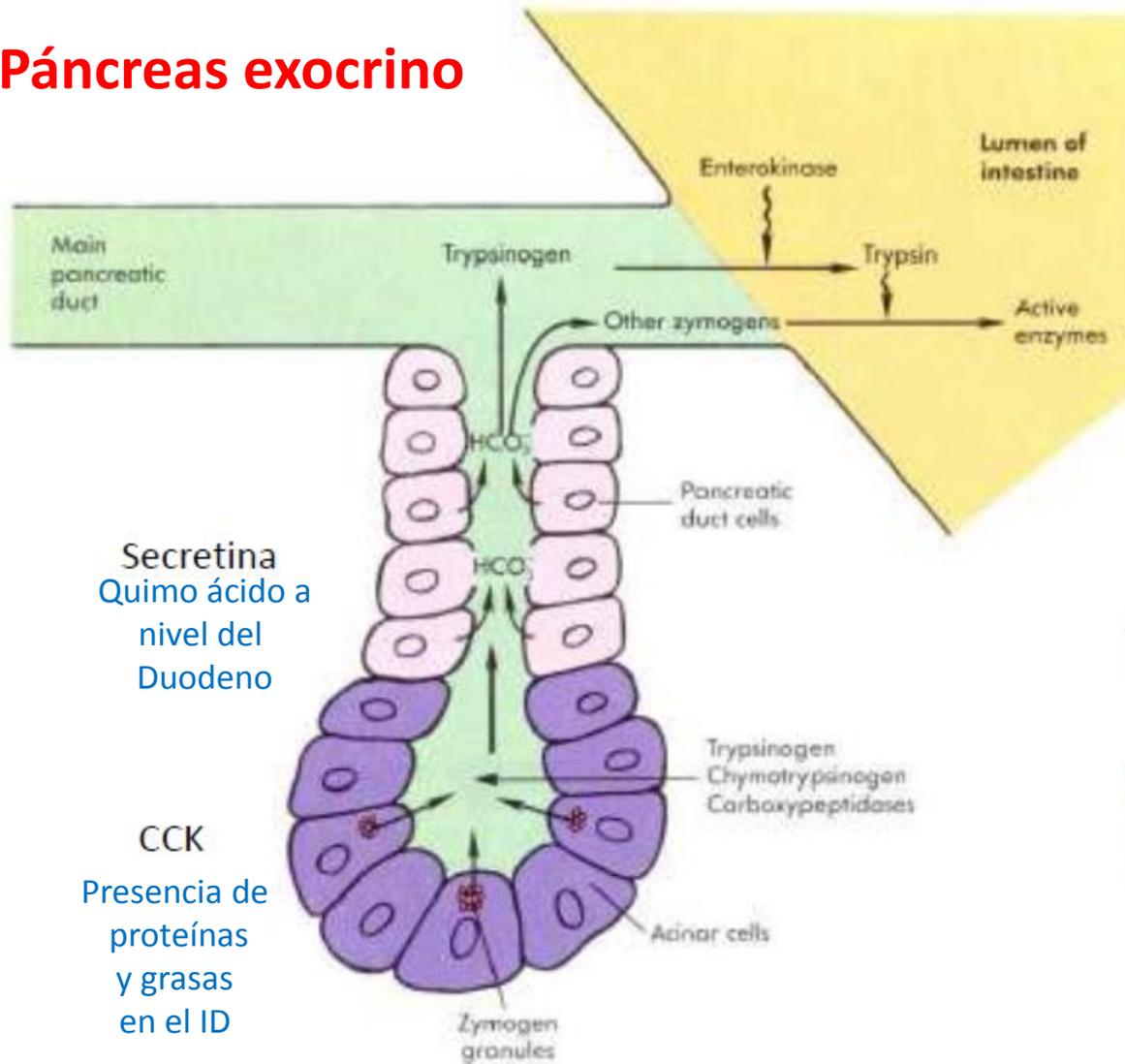
# SECRECIONES DEL TRACTO GASTROINTESTINAL

- En general, la secreción gástrica, pancreática y biliar responde a estímulos:
  - Cefálicos (Fase cefálica)
    - Previo a la comida: estímulos visuales, gustativos y olfativos (nervio vago)
  - Gástricos (Fase gástrica)
    - Mecanoreceptores (presencia de alimento)
    - Quimiorreceptores (composición proteica y lipídica de la dieta).
  - Intestinales (Fase duodenal)
    - Mecanoreceptores (presencia del quimo)
    - Quimiorreceptores (pH del quimo, presencia de grasas, etc.)

Un ejemplo...

**Páncreas exocrino**

**Enterocito**



Secretina  
Quimo ácido a nivel del Duodeno

CCK  
Presencia de proteínas y grasas en el ID

**ESQUEMA DEL PROCESO DE SECRECIÓN PANCREÁTICA**

Moffet *et al.*, 1993



Abordado en el taller  
de la clase anterior

**DIGESTIÓN MECÁNICA**  
**DIGESTIÓN ENZIMÁTICA**  
**DIGESTIÓN FERMENTATIVA**

# **MOTILIDAD Y VELOCIDAD DE TRANSITO**

# MOVIMIENTOS DEL TGI. FUNCIONES

- Impulsar la ingesta
- Retener la ingesta
  - Digestión
  - Absorción
  - Almacenamiento
- Romper físicamente el material alimenticio
- Mezclar el material alimenticio con las enzimas
- Poner en contacto el material digerido con todos los sitios de absorción

**MOTILIDAD VS. VELOCIDAD DE TRANSITO**

# TIPOS DE MOVIMIENTOS

- **PERISTALSIS**

- Respuesta refleja, que se inicia cuando la pared del tubo gastrointestinal se ve estirada por su contenido luminal (dirección esófago hasta el recto).

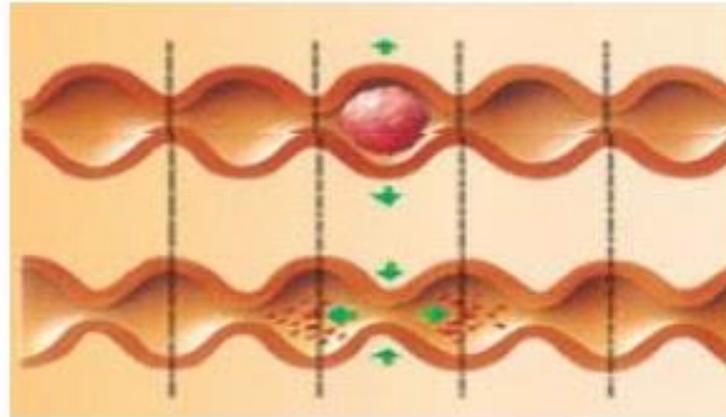
- **ANTIPERISTALSIS**

- Se aplica al movimiento de contracción del estómago o los intestinos que mueve los alimentos en sentido contrario al normal o peristáltico.

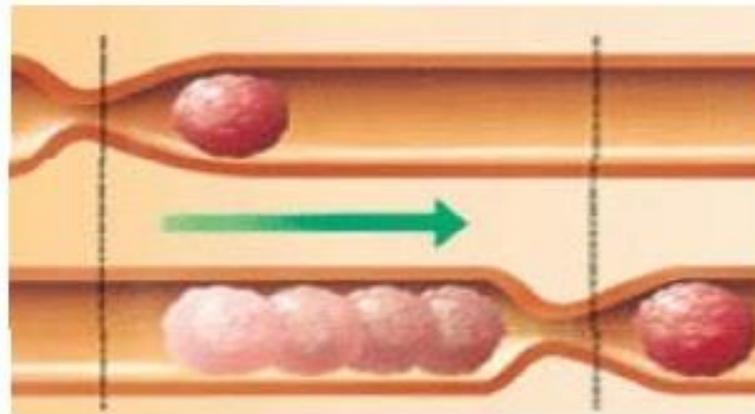
- **SEGMENTACIÓN**

- Contracciones concéntricas que facilitan la mezcla progresiva del contenido intestinal con las secreciones intestinales.

## 1) MOVIMIENTOS DE SEGMENTACIÓN: MEZCLADO



## 2) MOVIMIENTOS PERISTALTICOS: PROPULSION



# TIPOS DE MOTILIDAD GÁSTRICA

- MEZCLADO DE LOS ALIMENTOS
  - Capas
- VACIADO GASTRICO: Reflejo enterogástrico
  - Durante la digestión según tipo de alimento, tamaño de las partículas y composición del alimento
- COMPLEJO DE MOTILIDAD INTERDIGESTIVO (AYUNO)
  - Para el vaciado de partículas de gran tamaño.

## Velocidad de tránsito de algunos alimentos utilizados en dietas para pollos

Velocidad	Alimento	% evacuación a 24 h post consumo
Rápida	Maíz	95-98
	Grasas	
	Harina de sangre	
Media	Harina de pescado	85-90
	Afrecho de soya	
Lenta	Afrechillo de trigo	75-85
	Heno de alfalfa	

- La velocidad de paso de las partículas en aves es alta
- La capacidad de almacenamiento de alimento en buche y estómagos es baja
  - Las aves requieren dietas de alta digestibilidad
  - La máxima excreción se produce 8 horas después de la ingesta.
- Durante el día el consumo es regular, sin embargo, pueden observarse incrementos al principio y final del periodo de luz.

# TIEMPO DE DIGESTIÓN Y VELOCIDAD DE TRANSITO

- AVES: Alta velocidad de transito. Se requiere dietas de alta digestibilidad. 2-8 horas.
- CERDOS: Similar al humano. La velocidad de transito puede entre 8-24 horas.
- RUMIANTES: Elevados tiempos de retención en el rumen (hasta 96 horas), dependiendo de la calidad y tamaño de la fibra. Afecta el consumo y aumenta la rumia.

## RUMIA

***Ruminare* = masticar de nuevo**

- Forma contralada de vómito.
- Permite re masticación pausada y nueva deglución de sólidos.
- Hasta 8 horas del día dependiendo de la dieta.
- Precede a la contracción bifásica

# FASES DE LA RUMIA

## 1) Regurgitación ingesta desde retículo-rumen

- Inspiración a glotis cerrada
- Apertura del cardias
- Contracción parcial del retículo
- Aspiración del contenido ruminal por diferencia de presión.
- Ondas antiperistálticas del esófago.
- Deglución del exceso de material regurgitado

## 2) Remasticación de la parte sólida (40-60 segundos)

## 3) Reinsalivación

## 4) Redeglución

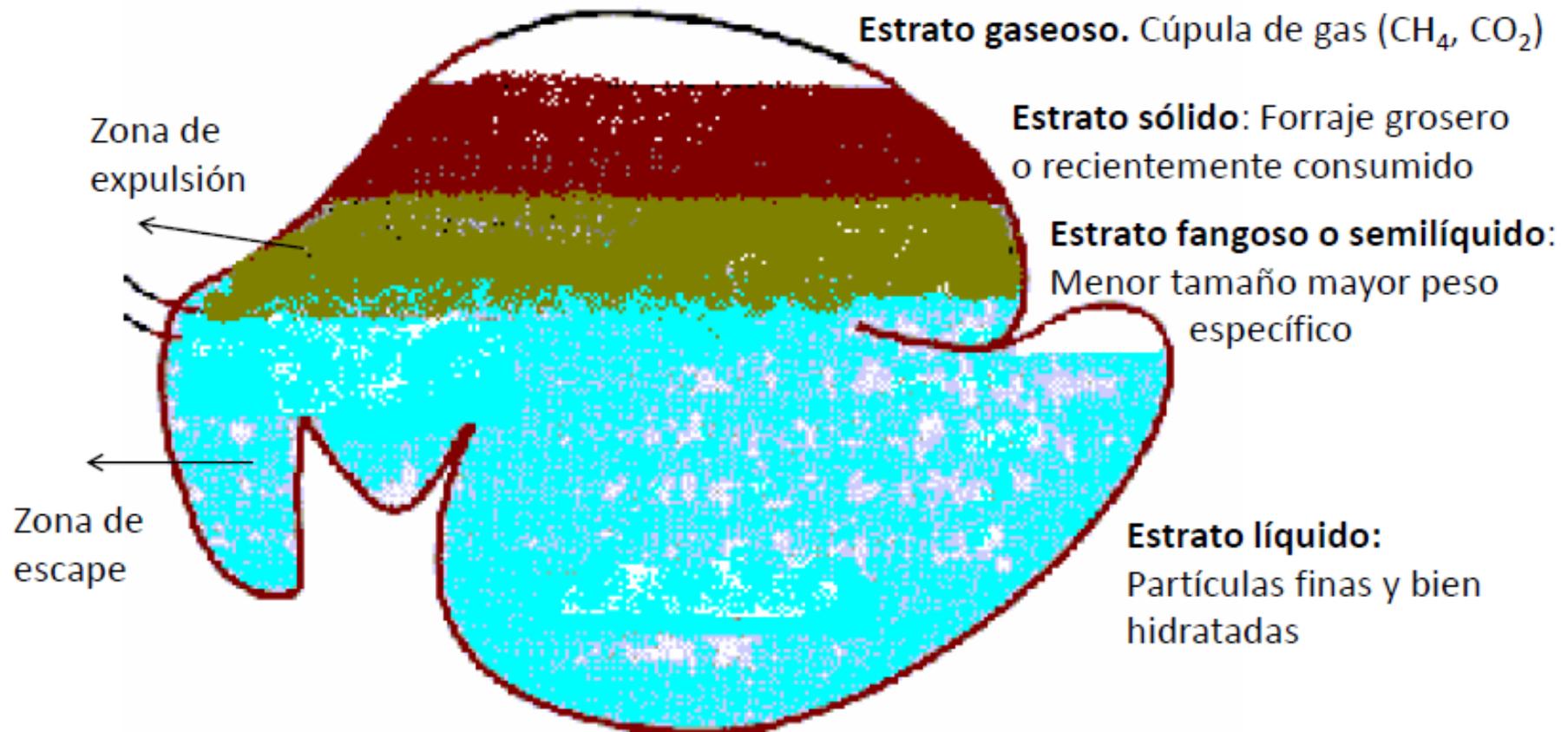
Estímulo: receptores nerviosos táctiles en las cercanías del cardias

# AMBIENTE RUMINAL EN EL ADULTO

## REQUIERE:

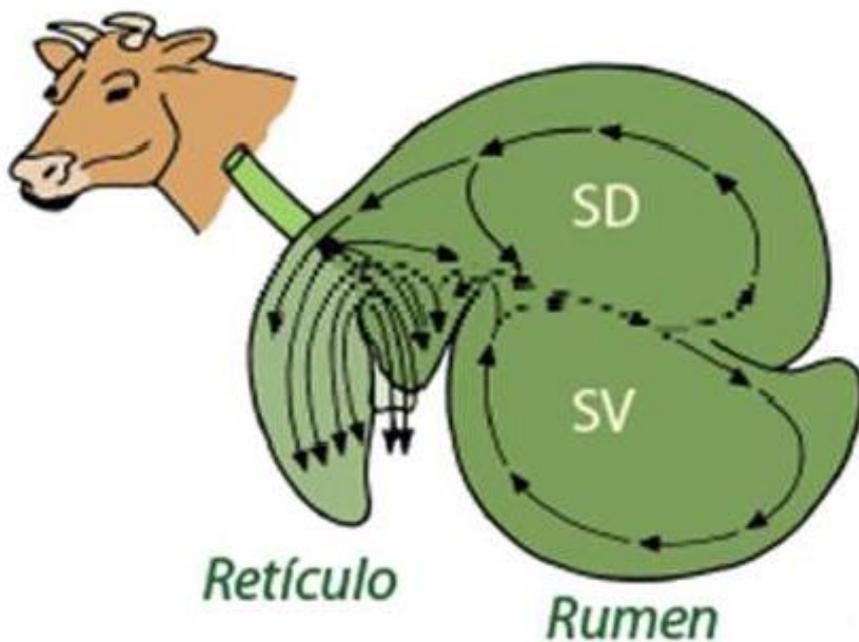
- *Aporte de nutrientes para los microorganismos.*
- *Anaerobiosis.*
- *pH: 5,5 a 6,9.*
- *Temperatura: 38 y 42 °C.*
- *Fácil acceso del microorganismo al alimento (solubilizados en el medio líquido: trituración)*
- *Eliminación de los productos de desecho del metabolismo ruminal:*
  - *AGV: absorción ruminal*
  - *Metano: eructo*
  - *Alimento soluble y microorganismos: 10-24 h de retención.*
  - *Alimento no digerido: 30-50 horas de retención*

# ESTRATIFICACIÓN DE LOS CONTENIDOS EN EL RUMEN

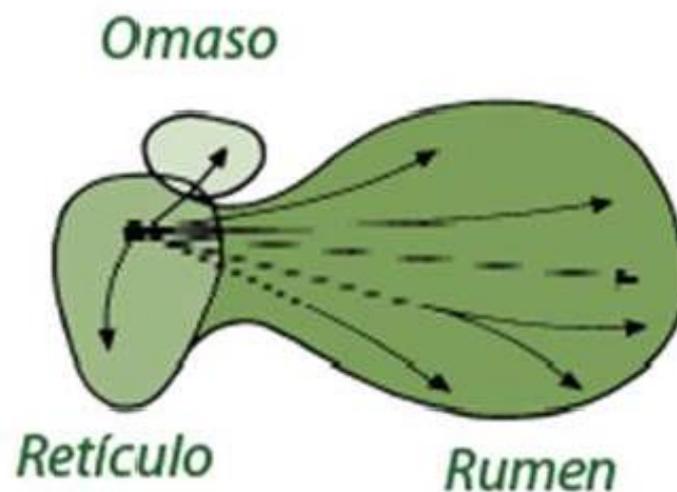


# Flujo de la digesta en el retículo-rumen

**Vista lateral**



**Vista dorsal**



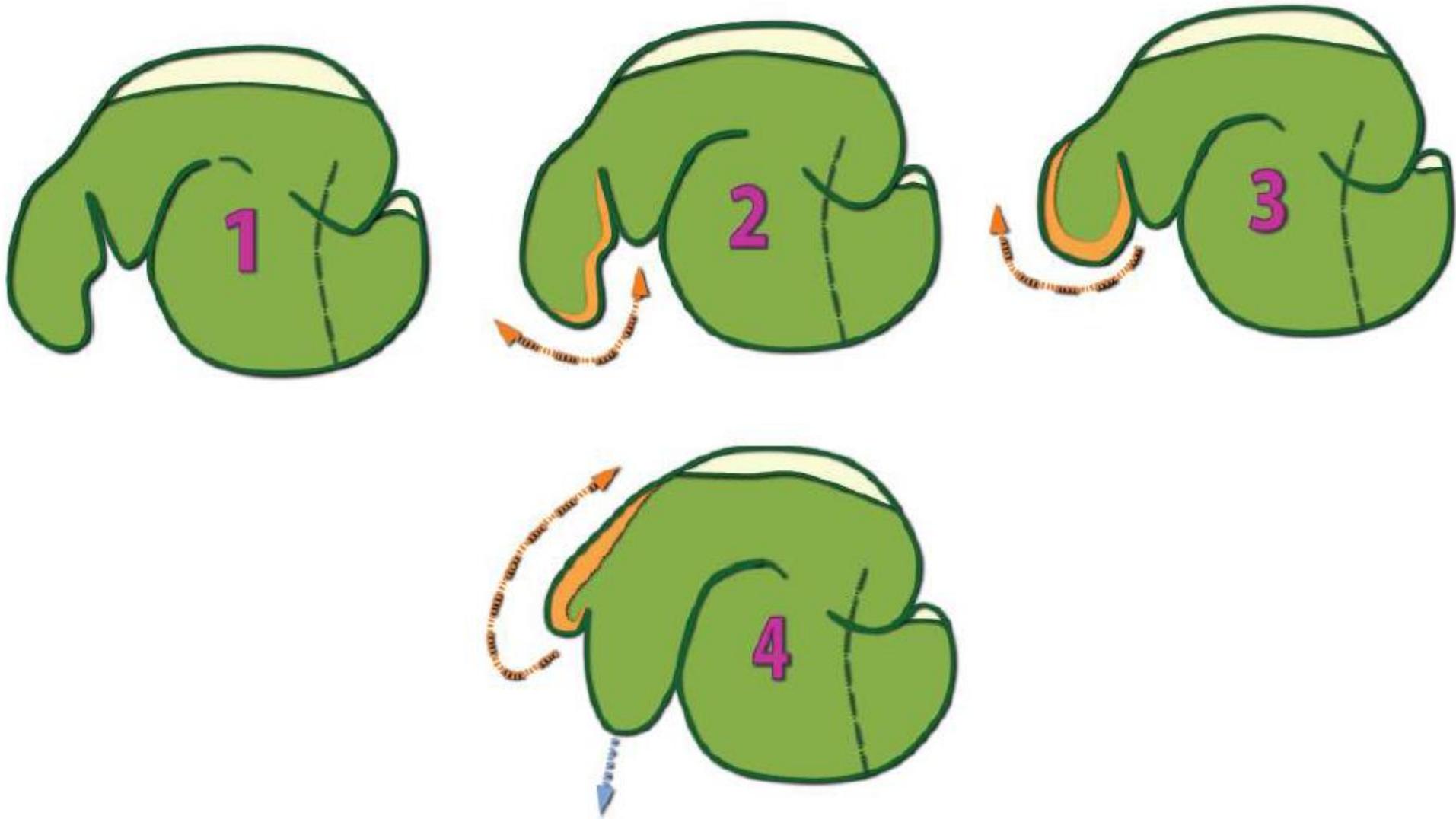
SD = Saco Dorsal  
SV = Saco Ventral

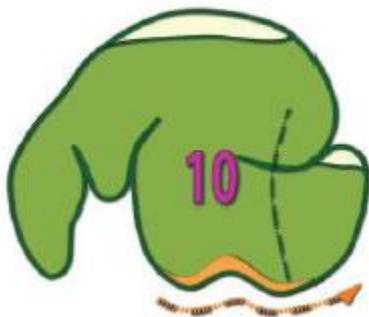
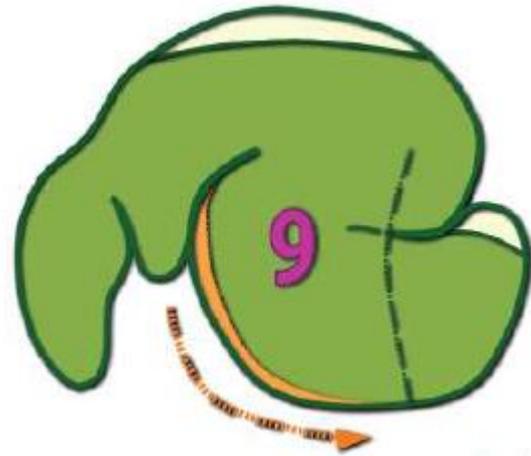
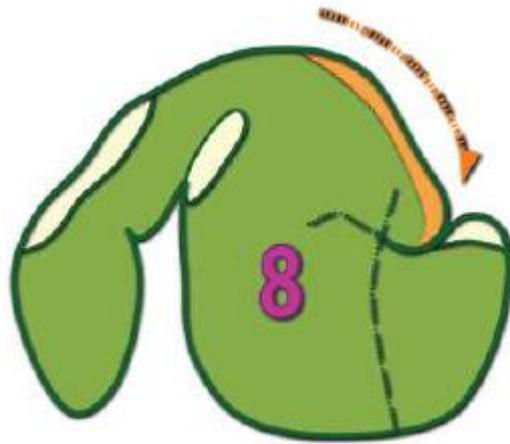
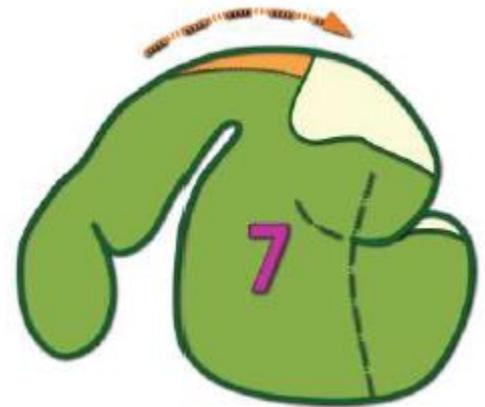
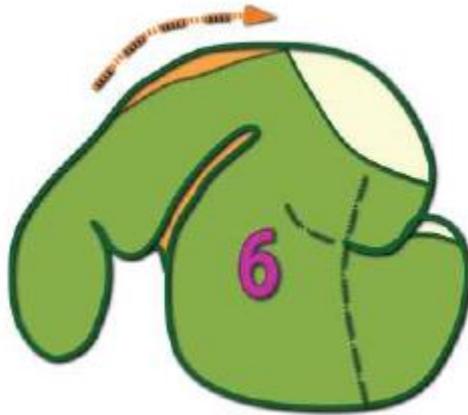
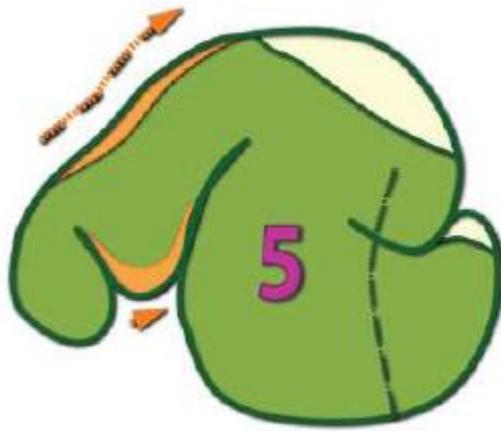
# MOTILIDAD RETÍCULO-RUMINAL

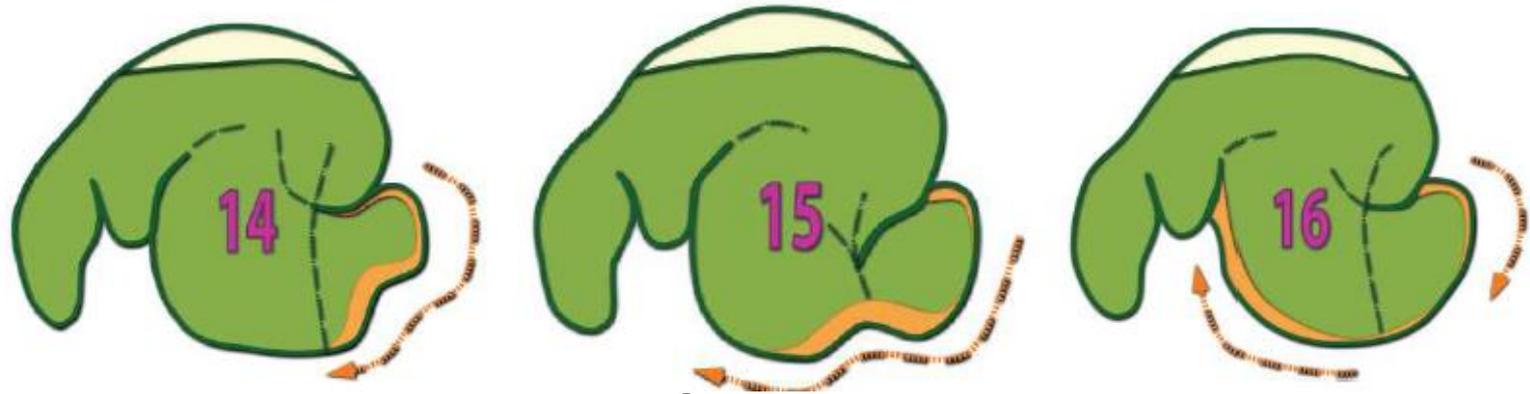
- Mezcla y avance (ciclo rumino-reticular simple: **contracción primaria o de mezcla**)
  - Facilita el contacto entre el alimento y los microorganismos, promueve la absorción de AGV y ayuda a la fragmentación del alimento.
  - Salida de las fracciones con elevado tiempo de retención en el rumen
- Eructación (ciclo rumino-reticular compuesto: **contracción secundaria o eructiva**)
  - Expulsión de gases
  - LAS SECUNDARIAS SIGUEN A LAS PRIMARIAS PERO NO SIEMPRE
  - LOS CICLOS SE REPITEN CADA 50-70 SEGUNDOS ( $\pm 1440$  VECES/DÍA)
- Rumia
  - Selección del alimento del extracto semi liquido

**REMOCIÓN DE DESECHOS Y MICROORGANISMOS**

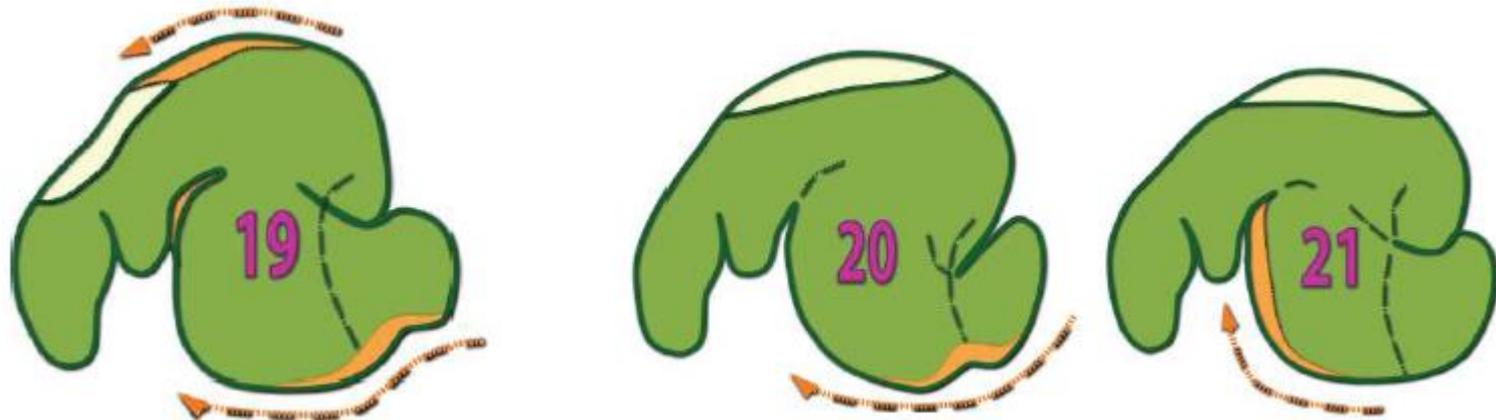
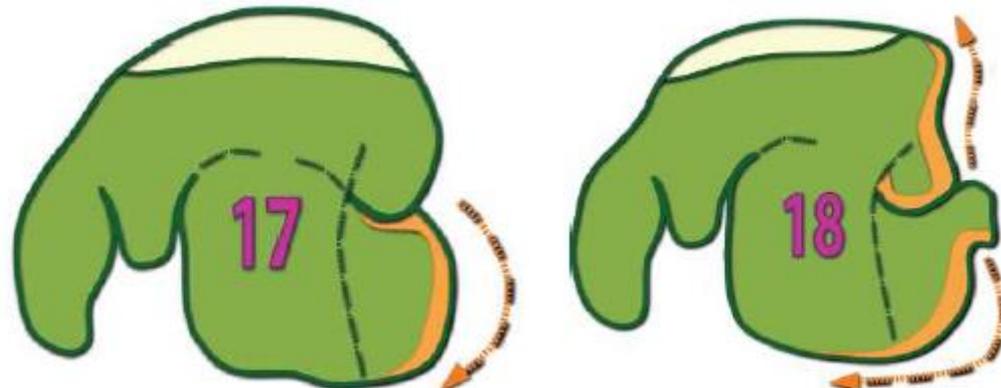
# CONTRACCIÓN PRIMARIA

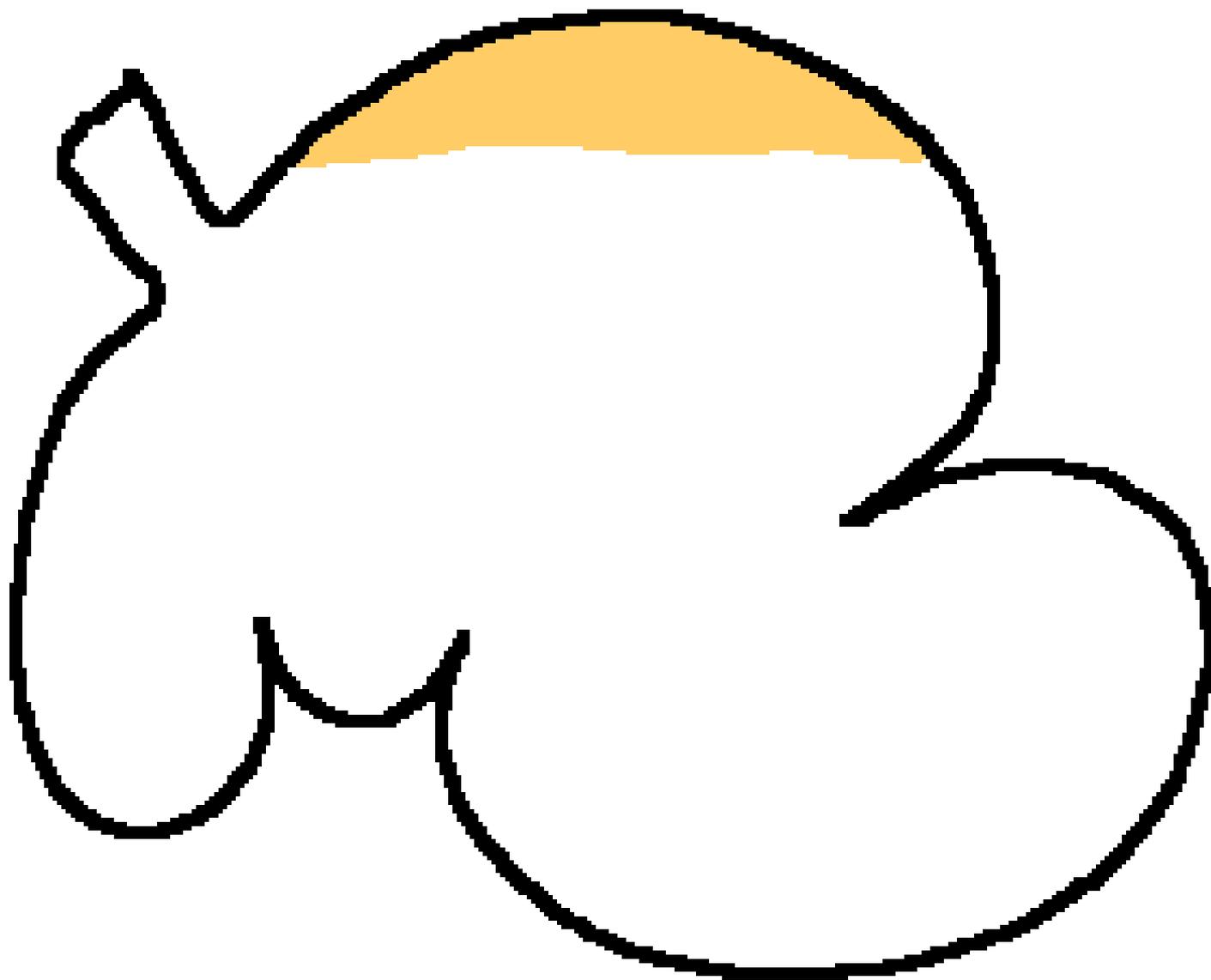






## CONTRACCIÓN SECUNDARIA

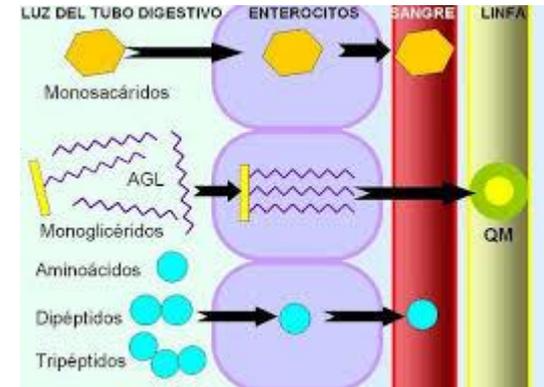




Videos asociados

# VELOCIDAD DE TRANSITO GASTROINTESTINAL EN ALGUNAS ESPECIES

	CERDO	VACA	CABALLO	PERRO
<b>Inicio</b> de la fase de eliminación (horas después de la ingestión)	12-16	25	22-24	15-20
<b>Máxima eliminación</b> (horas después del inicio de la fase de eliminación)	2-12	90	24	24
<b>Final</b> de la eliminación (después de iniciada la eliminación)	4-5 d	12 d	4-5 d	1-2 d



LO VIMOS EN EL TALLER: RECORDAR DONDE SE ABSORBE LA GLUCOSA, LOS AGV, AMONIACO, LOS ACIDOS GRASOS LIBRES (SATURADOS E INSATURADOS) Y MONOGLICERIDOS, LOS AMINOÁCIDOS, LAS SALES BILIARES....

## **ABSORCIÓN DE NUTRIENTES**

**!CUANTIFICANDO EL PROCESO DIGESTIVO!**

# **DIGESTIBILIDAD Y DEGRADABILIDAD**

# DIGESTIBILIDAD

-Se define como la proporción de la materia seca consumida que no aparece en las heces.

-Fracción de un nutriente ingerido que es **absorbido** por el animal, o sea, que no es **excretado**.

-Mide el aprovechamiento de un alimento: Facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición (**Cualitativo**).

-Es un indicador del valor nutritivo de un alimento.

-Comprende dos procesos:

- Digestión

- Absorción

$$\text{Digestibilidad} : \frac{\text{consumo} - \text{heces}}{\text{consumo}} \times 100$$

**Menos es excretado, más es digerido**  
**Más es excretado, menos es digerido**

¿A que le puedo medir  
la digestibilidad?



Materia seca  
Materia orgánica  
Proteína  
Fibra (FC,FDN, FDA)  
Aminoácidos  
Ácidos grasos

TODO EN BASE SECA

# TIPOS DE DIGESTIBILIDAD *IN VIVO*

- DIGESTIBILIDAD APARENTE

$$\text{Aparente} = \frac{(\text{MS alimento} - \text{MS heces}) * 100}{(\text{MS alimento})}$$

- DIGESTIBILIDAD VERDADERA

$$\text{Real} = \frac{(\text{MS alim} - \text{MS heces de origen alimentario}) * 100}{(\text{MS alimento})}$$

MS (fracción) en heces:

MS (o fracción) de origen alimentario

MS (o fracción) de origen microbiana

MS (o fracción) de origen endógeno

¿QUE FRACCIÓN SERÁ MAYOR?

¿La aparente o la verdadera?

# Proteína endógena

- La excreción diaria de proteína endógena de los cerdos de 60 kg es de unos 140 g:
    - 80 g en jugo intestinal
    - 20 g en jugo pancreático
    - 15 g en bilis
    - 15 g en saliva y jugo gástrico
    - 10 g en células descamadas
- El destino de esta proteína endógena es:
- el 80% se reabsorbe a nivel ileal
  - el 5% fermenta en el intestino grueso
  - el 15% se excreta en heces

# TIPOS DE DIGESTIBILIDAD SEGÚN EL SITIO DE EVALUACIÓN

- *In vitro*
- *In vivo*
  - . EN AVES Y CERDOS
    - Fecal o total: aparente o verdadera
    - Duodenal
    - Ileal: aparente o verdadera
  - . EN RUMIANTES
    - *In situ*: degradabilidad ruminal

# Digestibilidad fecal en aves

## Técnica de Sibbald (1979)

Utiliza **gallos adultos forzados a consumir** una cantidad dada del ingrediente bajo estudio luego de un período de ayuno (40 g).

Los puntos débiles de este método:

Aves adultas, ingestión forzada, sólo el ingrediente dado en lugar de una dieta completa, ayuno antes y después de la ingestión, todo lo cual afecta la fisiología digestiva y funcionamiento normal del intestino.



## Un método alternativo en aves: la digestibilidad ileal de AA

- En 1999, Ravindran y Bryden presentaron un método alternativo que supera las limitaciones del método de Sibbald: determinación de la digestibilidad ileal, en la cual pollos en crecimiento reciben *ad libitum* una dieta experimental incluyendo el ingrediente bajo estudio como la única fuente de AA.
- Luego las aves son sacrificadas y se recolecta la digesta de la última porción del intestino delgado (íleon terminal) para determinar su contenido de AA.
- De esta forma, se evitan los errores por el aporte de AA de la orina o de la fermentación del intestino grueso.

## Metodología usada para evaluación de digestibilidad fecal e ileal en cerdos

- ✓ Cerdos híbridos.
- ✓ Machos castrados de entre 35 y 65 kg de peso.
- ✓ Se utilizan jaulas de metabolismo.

Comedero y bebedero individual

Bandeja de recolección de excretas

Bandeja de recolección de orina

- ✓ A los animales se les ofrece dieta ( $0.08 \text{ kg MS/kg}^{0.75}$ ) en dos raciones iguales a las 9:00 y las 15:00 horas respectivamente.
- ✓ La recogida total de heces fecales y orina es de cinco días, luego de adaptación de cinco días.

**Principal diferencia en el protocolo, entre digestibilidad fecal, ileo-fecal e ileal**

**CANULACIÓN**



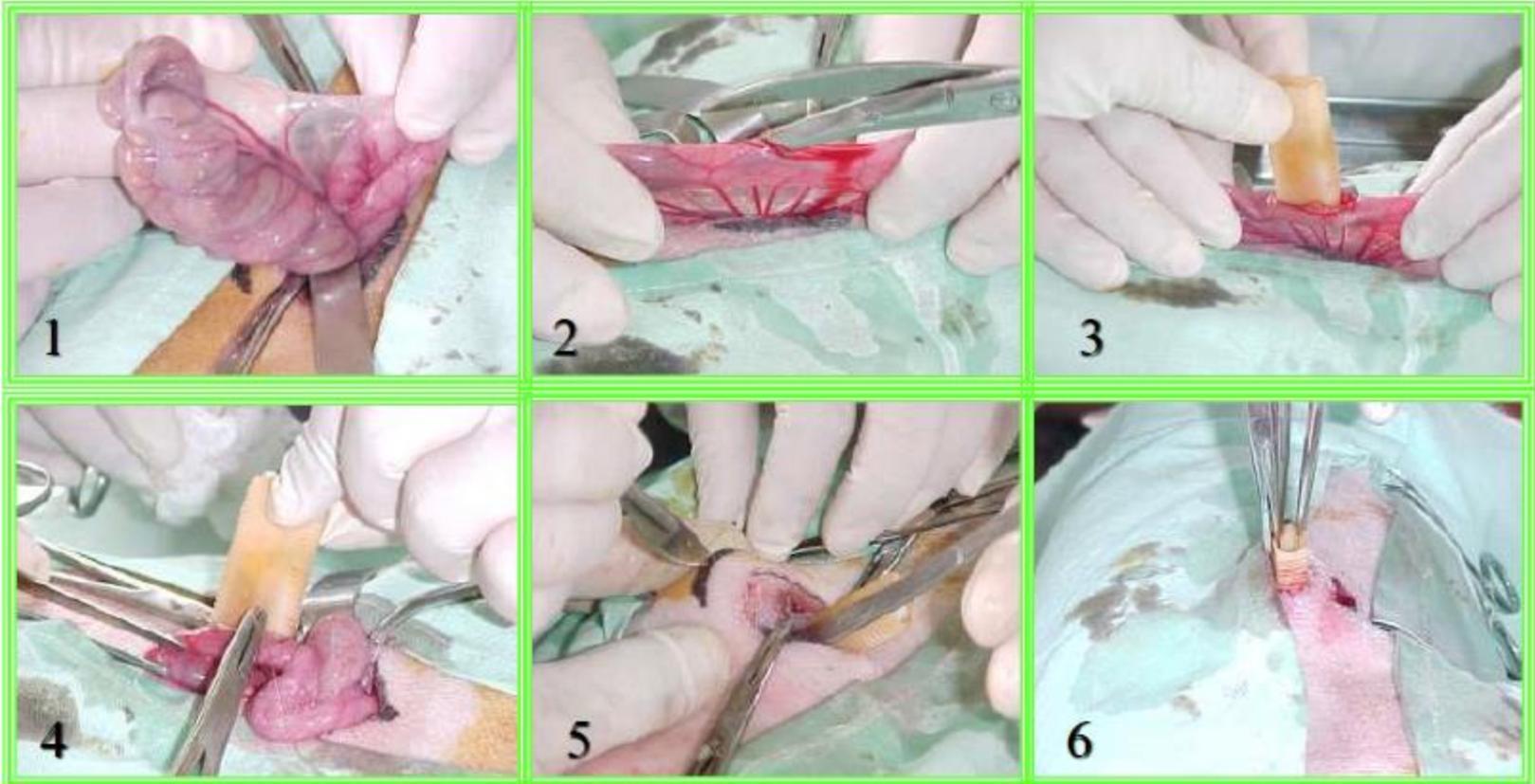
## JAUHAS DE DIGESTIBILIDAD USADAS EN CERDOS





## CIRUGIA EXPERIMENTAL

1) Localización del íleon 2) Apertura 3) Implantación 4) Sutura de la cánula en íleon 5) Apertura de la piel 6) Exteriorización de la cánula.

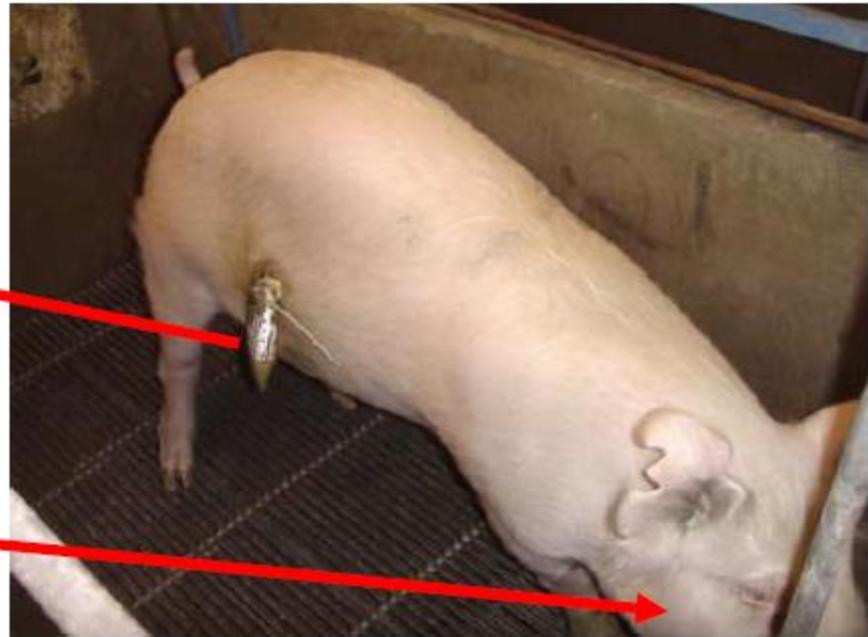


*Cortesía Dr. Alberto Celis, 2009*

# Digestibilidad Ileal Aparente

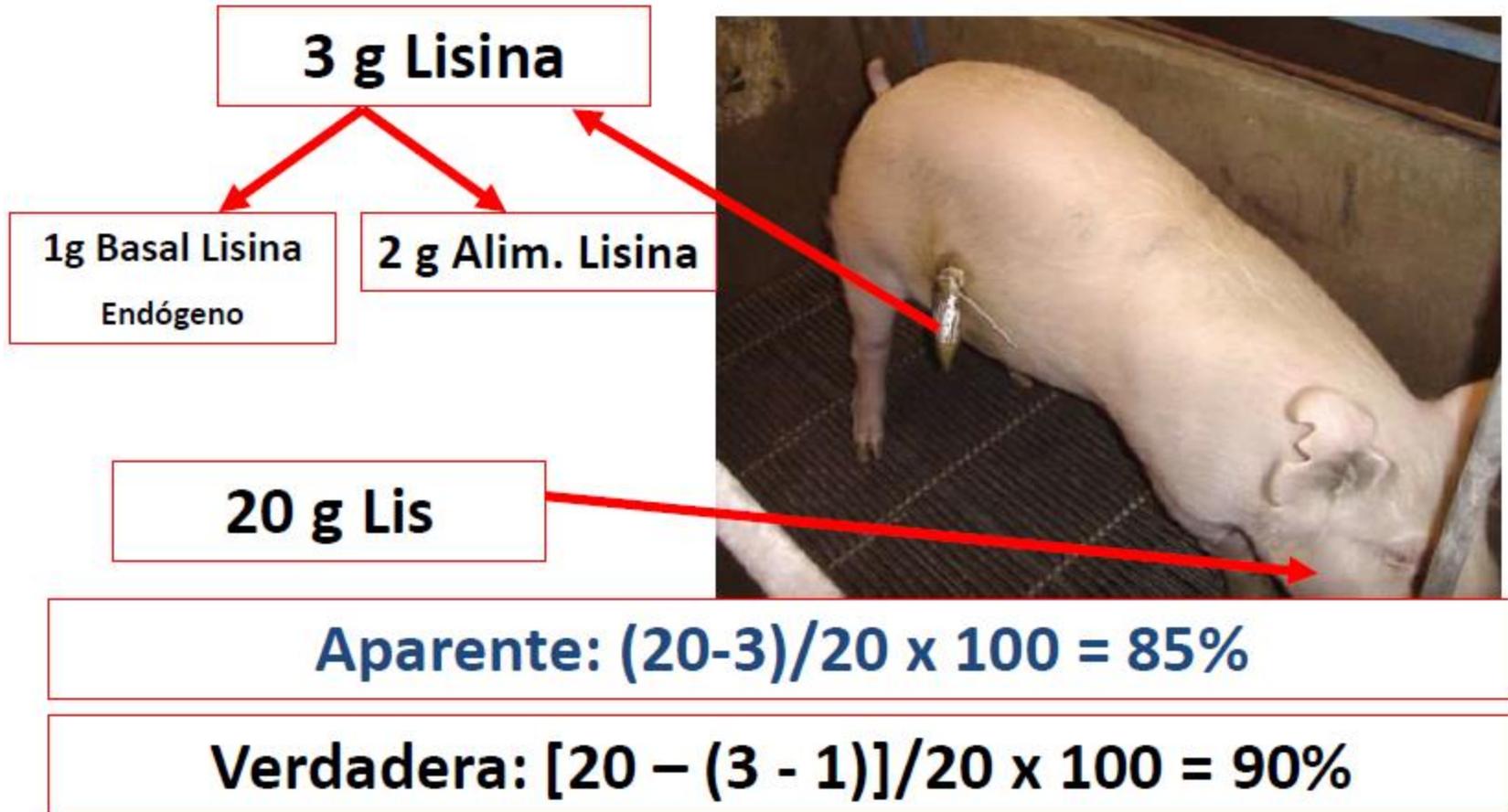
3 g Lisina

20 g Lisina



**Digestibilidad Ileal Lisina:  $(20-3)/20 \times 100 = 85\%$**

# Digestibilidad Ileal Verdadera



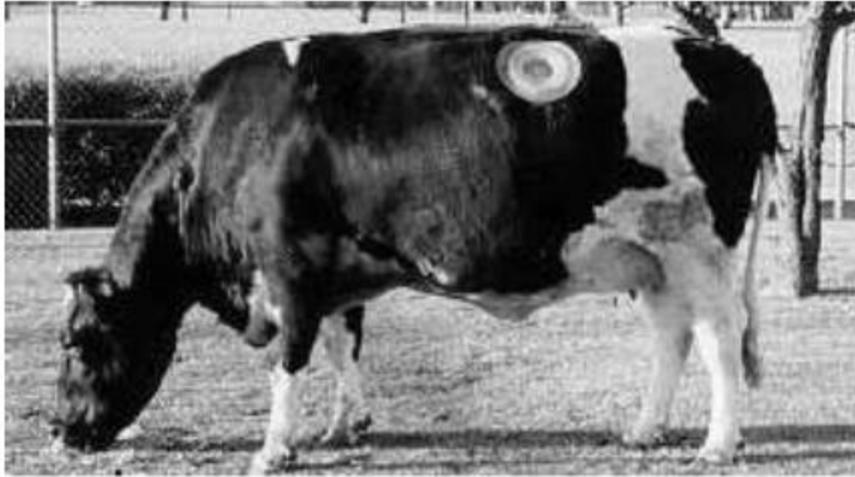
## Digestibilidad ileal y total. Pros y contras

	<b>Digestibilidad ileal</b>	<b>Digestibilidad total</b>
<b>Laboriosidad</b>	Sí (Cirugía)	No (Fácil de hacer)
<b>Costo</b>	Cara	Barata
<b>¿Qué mide?</b>	Fin de la fase hidrolítica	Fase hidrolítica y fermentativa
<b>Influencia de la microflora</b>	Poca	Mucha
<b>Evaluación nutritiva</b>	Correcta	Incorrecta

Fuente de los datos: Dierick (1991)

# DEGRADABILIDAD RUMINAL *IN SITU*

- TECNICA DE LAS BOLSITAS DE NYLON, DACRON, POLIESTAR (poro de 50 $\mu$ )
- ALIMENTO A EVALUAR ES INCUBADO EN EL RUMEN : 0, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72 HORAS.
  - 1 g en concentrados
  - 5 g en forrajes
- SE MIDE LA TASA DE DESAPARACI3N DEL ALIMENTO O FRACCI3N NUTRICIONAL EN EL RUMEN.
- DIFERENCIA DE PESO ENTRE LO INCUBADO Y LO QUE PERMANECE DENTRO DE LA BOLSA EN BASE SECA.



FISTULAS USADAS EN VACUNOS

VIDEO





# EJEMPLO PARA PROTEÍNAS

- PROTEÍNA QUE SE DEGRADA INSTANTANEAMENTE: NNP Y PROTEÍNAS ALTAMENTE SOLUBLES
- PROTEÍNA DEGRADABLE EN EL RUMEN (PDR)
- PROTEÍNA NO DEGRADABLE EN EL RUMEN O SOBREPASANTE (PNDR)
  - Digestible
  - Indigestible

# FACTORES QUE AFECTAN LA DIGESTIBILIDAD

- **LOS ALIMENTOS:**
  - Composición química del alimento
  - Edad del forraje
  - Tipo de alimento o consistencia de la dieta: en polvo, pellet, pasto molido, pasto repicado, líquido.
  - Procesamiento: tratamientos de calor, tratamientos químicos.
  - Interacción entre compuestos químicos en raciones mixtas.
- **LOS ANIMALES:**
  - Especie
  - Estado fisiológico
  - Consumo de alimentos y/o nivel de alimentación: ad libitum vs. restringida
  - Estado sanitario
- **EL CLIMA:**
  - Temperatura ambiente

# VIDEOS ASOCIADOS

- <https://www.youtube.com/watch?v=7vSJPDCdkjY>
- <https://www.youtube.com/watch?v=nLB9RNgDwuQ>
- <https://www.youtube.com/watch?v=nLB9RNgDwuQ>
- <https://www.youtube.com/watch?v=PL7hRAusucU>