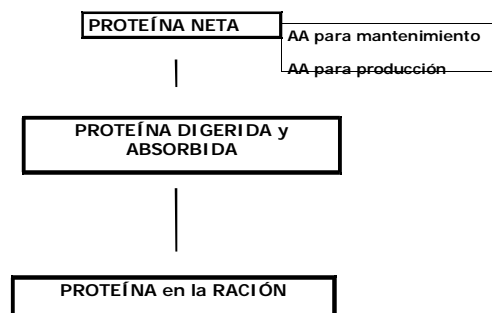


# Digestión de Proteínas

Curso 2012

Ing. Agr. Andrea González  
Ing. Agr. María de Jesús Marichal

## Requerimientos proteicos



AA: aminoácidos

2

## PROTEÍNA en la RACIÓN

Nitrógeno PROTEICO (péptidos de mas de 6 AA)

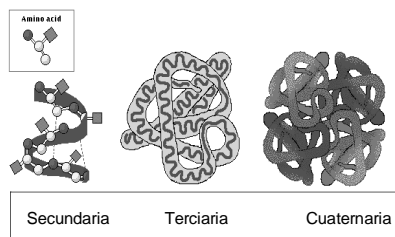
Nitrógeno NO PROTEICO (NNP) (péptidos de menos de 6 AA; AA libres; purinas y pirimidinas; aminas y amidas)

Alimentos	Proteína (%)	NNP (%)
Origen vegetal		
Parte vegetativa	70 - 90	10 - 30
Granos o semillas	95	5
Origen animal	90	10

3

Proteínas del alimento = aminoácidos

Requerimiento = AA



Aminoácidos esenciales

arginina-fenilalanina-histidina-isoleucina-metionina-leucina-lisina- treonina-triptófano-valina 4

Proteína cruda = Nitrógeno x 6,25

- Método de Kjeldahl
- 10 g de N en 100 g de proteína
- N en forma de proteína

**PROTEÍNA en la RACIÓN: debe ser “preparada” para la absorción, proceso de digestión.**

5

## Digestión de proteínas en “monogástricos” (fermentadores posgástricos)

### Estómago :

HCl --> desnaturalización y ruptura de enlaces  
Pepsina (endopeptidasa) : ataca proteína desnaturalizada  
Corta en enlaces que involucren: fen, tir, trp (aa aromáticos)

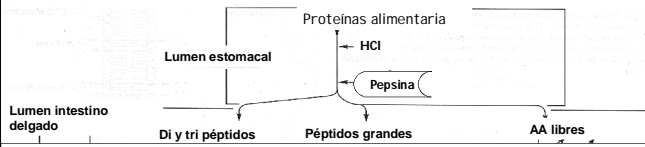
pH del estómago : 1.6 a 3.2

Desnaturalización de estructuras 2ª, 3ª. y 4ª.

Los compuestos N que dejan el estómago son una mezcla de proteína insoluble, proteína soluble, péptidos y aminoácidos

6

## Monogástricos: Digestión y Absorción de Proteínas



## Intestino delgado

### Enzimas pancreáticas

- Tripsinógeno Enteropeptidasa/Tripsina **Tripsina**
  - Endopeptidasa
    - Corta en el carbonil terminal de Lis y Arg
- Quimotripsinógeno Tripsina **Quimotripsina**
  - Endopeptidasa
    - Corta en el carbonil terminal Fen, Tir y Trip
- Procarboxipeptidasa Tripsina **Carboxipeptidasa**
  - Exopeptidasa
    - remueve aa residuales con carbonil terminales

8

### Enzimas intestinales (borde en cepillo)

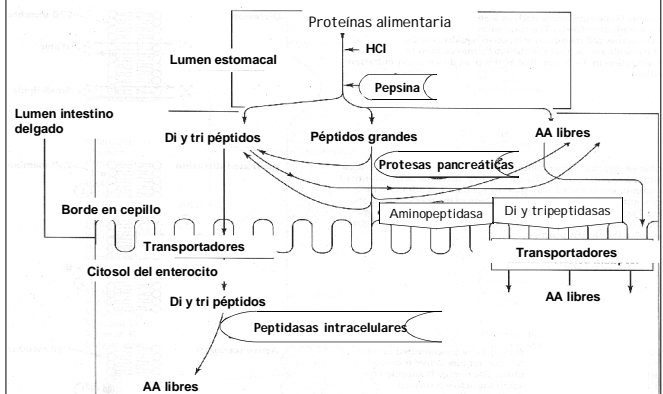
- Aminopeptidasas
  - Corta en el N-terminal de los aa
- Dipeptidasas
  - Corta dipéptidos

### Productos finales de la digestión

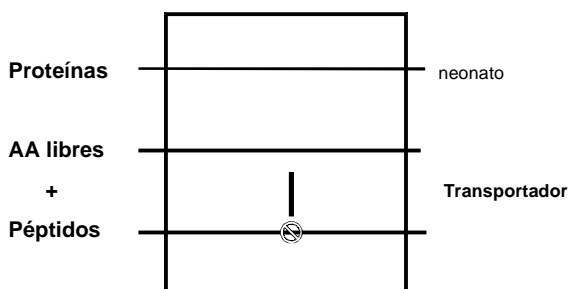
Tripéptidos  
Dipéptidos  
Aminoácidos libres

9

## Monogástricos: Digestión y Absorción de Proteínas



## Absorción



11

## Absorción aminoácidos libres

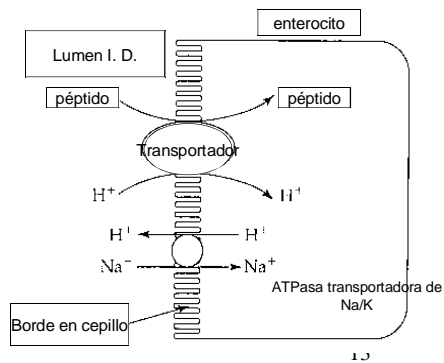
Transporte activo  
Proteínas transportadoras  
Diferentes sistemas de transporte específicos

## Absorción de péptidos

Forma en que la mayoría de los compuestos N son absorbidos  
Sistema transportadores  
Absorción más rápida que los aa libres  
Asociadas a un gradiente de N

12

## Absorción de péptidos



## En los enterocitos...

- Péptidos — aa libres
- Metabolismo de aa absorbidos
- Transporte a sangre porta: pasivo
- A la sangre solo ingresan aa libres

14

## Intestino grueso

### Enzimas microbianas

Productos: indol, escatol, aminas, amoníaco

Desechos se excretan: alimento no digerido

secreciones digestivas

células epiteliales

m.o

productos de la descomposición microbiana

15

## Utilización del grano de soja integral en la alimentación de cerdos en crecimiento

- Prueba de digestibilidad aparente in vivo
- Cerdos en crecimiento (45 kg PV)
- Tratamientos:

RCOC: Dieta base mas soja integral procesada por cocción

RTOS: Dieta base mas soja integral procesada por tostado

RST: Dieta base con soja integral sin procesamiento



Efecto del tostado y la cocción sobre la Digestibilidad aparente de la Proteína Cruda (DIGapPC) del poroto de soja

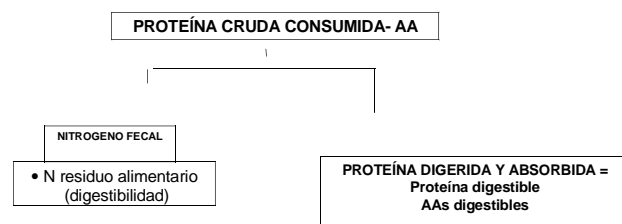
Dieta	DIGapPC
RCOC	80.4 a
RTOS	68.6 b
RST	69.1 b

a,b: Medias de tratamiento con diferentes letras, difieren significativamente (Tukey  $P < 0,05$ ).

González et al, 2010

17

## Utilización de la Proteína Consumida - Monogástricos



Digestibilidad aparente, verdadera o real

Digestibilidad ileal,

Digestibilidad in vivo, in vitro

18

## Digestión de proteínas en "rumiantes"

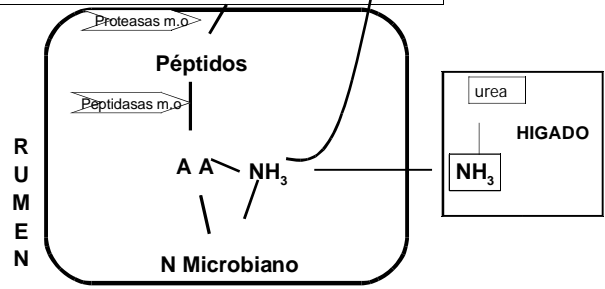
Origen de los compuestos N que ingresan al rumen

- Alimento
- N endógeno (reciclaje)
  - Saliva
  - Pared Ruminal

19

## DIGESTION DE COMPUESTOS N : RUMIANTES

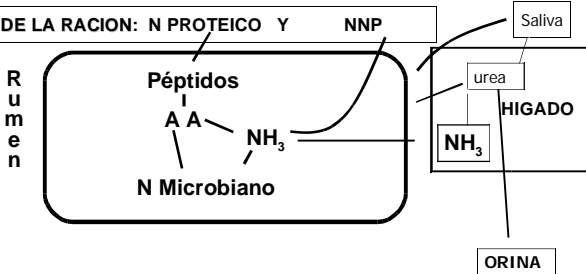
N DE LA RACION: N PROTEICO Y NNP



20

## DIGESTION DE COMPUESTOS N : RUMIANTES

N DE LA RACION: N PROTEICO Y NNP



21

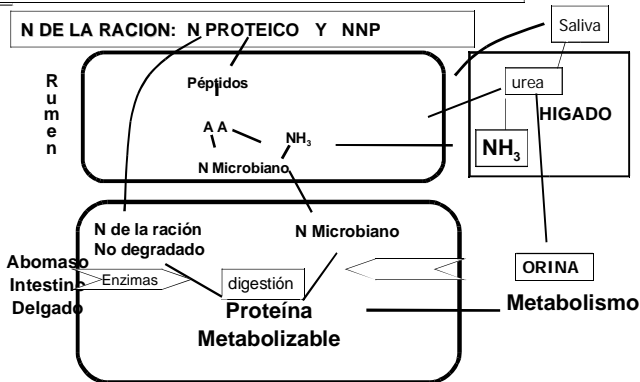
## Difusión a través de la pared ruminal

- Urea à NH<sub>3</sub>: ureasa de las bacterias adheridas al epitelio ruminal
- Gradiente de concentración
- Consumo de N bajo : ruta principal
- Flujo de N al duodeno excede el consumido
- Cuando el NH<sub>3</sub> ruminal es alto, el N reciclado es 10% del N

22

## DIGESTION DE COMPUESTOS N : RUMIANTES

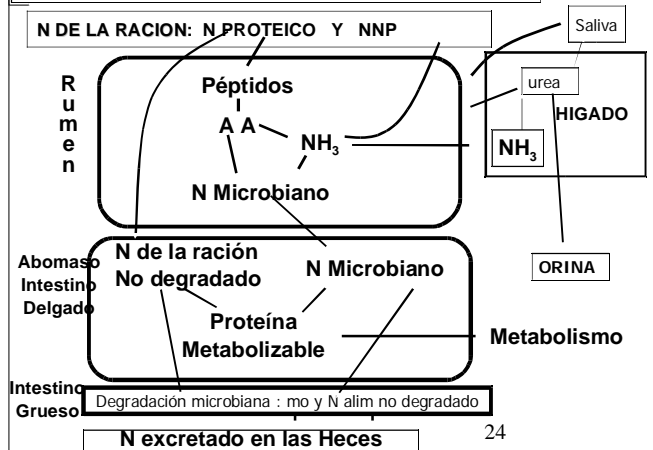
N DE LA RACION: N PROTEICO Y NNP



23

## DIGESTION DE COMPUESTOS N : RUMIANTES

N DE LA RACION: N PROTEICO Y NNP



24

## PROTEINA METABOLIZABLE

La Proteína Metabolizable se define como el total de proteína verdadera disponible para el metabolismo animal luego de la digestión y absorción del alimento en el TGI.

Tiene tres componentes:

- Proteína microbiana digestible
- Proteína alimentaria no degradable digestible
- Proteína de origen edógeno digestible

25

Weston & Hogan (Australia)

Ovejas : 2 dietas

20% PC → Alfalfa, Maíz

8% PC → Heno de mala calidad, Maíz

Ambas dietas permitieron igual crecimiento de lana

PC (%)	20	8
N consumido g/d	13,8	5,5
AA-N entrando al ID (g/d)	8,8	8,1
N entrando al ID vs dieta	Perdida neta	Ganacia neta

Más proteína de la ingerida sale del rumen con niveles bajo de PC en la dieta

26

## Proporción de N reciclado en función del N ingerido.

Proteína ingerida (% MS)	N reciclado (% N ing.)
1	110,01
2	98,34
3	88,58
5	69,74
10	33,95
12	24,16

FONTE: NRC (1985).

$$Y = 121.7 - 12.01X + 0.3235X^2$$

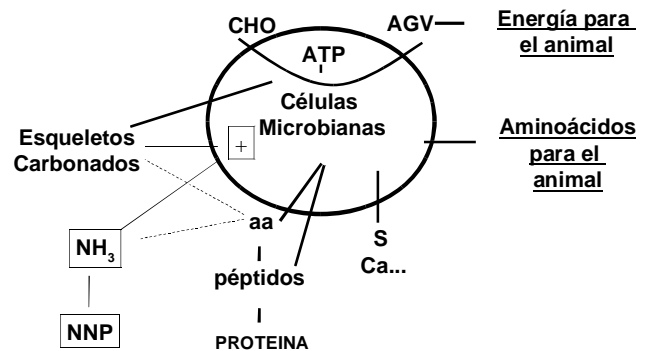
Y= N reciclado

X= proteína ingerida

27

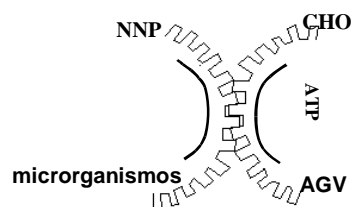
NRC (1985)

## Esquema del metabolismo ruminal



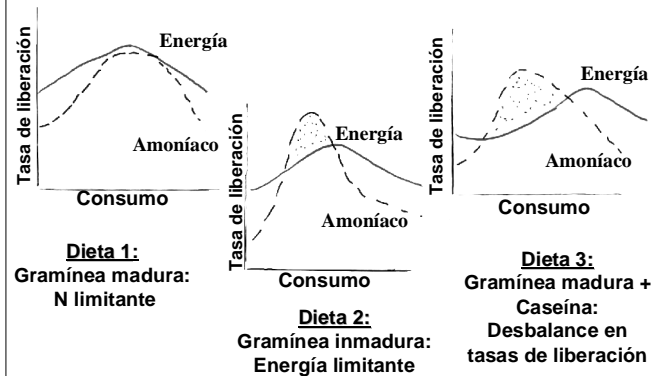
28

Para maximizar eficiencia de síntesis de proteína microbiana ¿es necesario disponer de un suministro simultáneo (sincronía) de Energía y N



29

## TASA DE GENERACION DE N AMONIACAL Y DE ENERGIA EN TRES DIETAS



30

### Sincronización N : Energía en rumen

- No hay respuestas consistentes
- Falta de información sobre cinéticas de degradación?
- Duración de los períodos de evaluación ?
- Otras situaciones enmascaran los resultados?  
P.ej. pH del rumen

31

### Efecto del pH sobre la concentración de metabolitos y actividad bacteriana

Items	pH			
	7	6.5	6.0	5.5
N-NH3 (mM)	5.9	3.9	4.2	0.2
AA (mM)	1.3	1.2	0.9	0.7
Proteasas (*)	11.3	-	3.6	1.7
Desaminasas (*)	1.1	-	0.5	0.1
Bacterias (10 <sup>8</sup> /ml)				
- Proteolíticas	1.1	-	0.5	<10 <sup>-4</sup>
- Celulolíticas	8.7	-	4.5	<10 <sup>-4</sup>

(\*) AA (Mm) liberados de la caseína/ml de liquido cultivado/ hora

Rearte y Santini, 1989  
32

### REQUERIMIENTOS MICROBIANOS

La generación de microorganismos está definida por :

#### Disponibilidad de Nutrientes

CHO tienen un impacto significativo

Nivel de Consumo

Composición de la ración

Ambiente ruminal : pH ....

33

### Origen del N que fluye al duodeno

34

### Origen del N que fluye al duodeno

Fuente de N	% del N total entrando al ID
N - NH3	2 - 5
N endógeno	10 - 25
N microbiano	45 - 65 (Forrajes verdes)
	55 - 70 (Raciones mixtas)
N alimentario	Variable

35

### Composición de la materia seca de los microorganismos ruminales

	Bacterias	Protozoarios
Nº de trabajos	29	15
Nitrógeno	9 (58)*	7 (46)*
Carbohidratos	15	38
Lípidos	10	9
Ceniza	17	6
Composición del N (gN/100g):		
- RNA	10	9
- DNA	5	4
- Proteína verdadera	85	87

\* PROTEINA CRUDA

36

### Digestibilidad aparente del nitrógeno microbiano de ovinos

Ensayo	No. De Animales	Digestibilidad (%)
1	4	78
2	5	78
3	4	76
4	5	77
Media	18	78

37

### Composición en AA esenciales de microorganismos y productos animales ( grs. aae / 100grs. aat )

A.A.E.	Proteína Microbiana	Leche	Tej.Muscular Bovinos	Lana
<i>Metionina</i> *	3	3	3	10
<i>Arginina</i> *	5	4	7	1
<i>Treonina</i>	6	5	5	6
<i>Triptófano</i>	2	1	1	2
<i>Histidina</i> *	2	3	4	1
<i>Isoleucina</i> *	6	6	5	3
<i>Lisina</i> *	9	8	9	3
<i>Leucina</i> *	8	10	8	9
<i>Valina</i>	6	7	5	5
<i>Fenilalanina</i>	5	5	4	4
<i>Cistina</i>	1	1	1	11

\*Definidos como AAE limitantes por distintos autores

38

### Importancia de la fermentación pregástrica en la nutrición proteica del rumiante

Los microorganismos suministran al rumiante proteínas de alta calidad (balance de AAE adecuado) en cantidad suficiente para satisfacer del 50 al 100% de los requerimientos de los animales

Requerimientos de PC de una vaca lechera de 600 kg produciendo 20 kg de leche (3.5% de grasa, 3.5 % de proteína) : 2.24 kg .

Es posible obtener 2.7 kg de proteína microbiana con un buen manejo alimenticio de los animales y de los microorganismos.

Con un manejo inadecuado es común generar menos de 1 kg.

39

### Requerimientos

#### Vaca Lechera de Alta Producción

Recomendación NRC (2001)

- 12.6% de PDR + 6.5% PNDR
- Nivel mínimo de PC en rumen 7%

40

### Efecto de la suplementación con proteínas en la performance de corderos destetados sobre campo natural

- Periodo enero-abril
  - 60 animales
  - 5 tratamientos
- Control: pastoreo continuo sobre CN  
 PB: control + bloque de proteína (urea) 150 g/d  
 SBM: control + harina de soja 100 g/d  
 SP1: control + 3h/día pastoreo sobre CN mejorado con Lotus cv Maku  
 SP2: control + cada 3 días 3h de pastoreo sobre CN mejorado con Lotus cv Maku

41

### Peso inicial y final, Ganancia diaria, Condición corporal inicial y final , diferencia en la condición corporal para cada tratamiento evaluado.

	Tratamientos					Pt
	Control	PB	SBM	SP-1	SP-2	
Peso inicial Kg	19.0	18.6	18.9	18.9	19.4	> 0.20
Peso final Kg	23.6 c	24.0 bc	26.1 a	27.6 a	25.2 abc	0.02
Ganancia diaria g/d	46 b	51 b	71 ab	87 a	62 ab	0.02
Condición corporal inicial	3.2	3.1	3.1	3.2	3.0	
Condición corporal final	3.4	3.2	3.4	3.4	3.4	N.S
Diferencia entre IBSc y FBS	0.06 b	0.09 ab	0.34 a	0.36 a	0.40 a	0.03
Productividad PV/ha	45.8 b	50.8 b	70.8 ab	85.9 a	61.7 ab	0.05

Piaggio et al., 2010

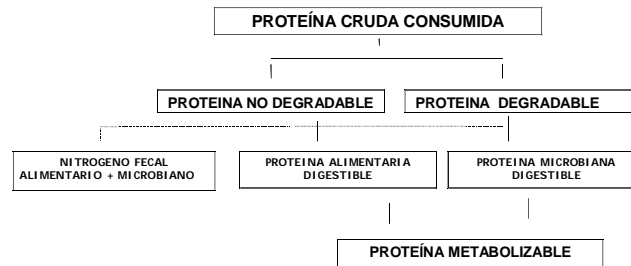
42

## Resultados y Discusión

- SBM y SP 1 llegan a peso esperables a la edad (Azzarini et al., 1991)
  - Las mayores diferencias en condición corporal: tratamientos SBM, SP 1 y SP 2
  - Para todos los tratamientos no había restricción en el consumo de MS
  - Diferencias en el consumo de PC y de PCND
- Control vs tratamientos: menor consumo PC  
Diferentes tratamientos, diferentes características de los compuestos nitrogenados

43

## Utilización de la Proteína Consumida - Rumiantes



44

## ■ RESUMIENDO.....

45

## Rumiantes vs Monogástricos - Similitudes

Digestión post ruminal

Absorción

Sintetizan algunos AA (no esenciales)

No almacenan AA

Requieren un suministro constante de aa

46

## Rumiantes vs Monogástricos - Diferencias

1. La población no tiene un efecto muy marcado en los aa disponibles para absorción:

Perfil de aa en el ID diferente del perfil de aa consumidos

Puede mejorar el balance de AAE absorbibles (proteínas dietéticas de mala "calidad")

Permite incluir fuentes de NNP en las dietas

Pueden sobrevivir con bajos niveles de proteína reciclando N al rumen

Pueden disponer de más proteína que la ingerida (ganancia neta)

Pueden hacer un uso ineficiente de la proteína ingerida (generar menos proteína o proteína de menor calidad que la ingerida)

47

## Rumiantes vs Monogástricos - Diferencias

2. En la nutrición de rumiantes generalmente composición aminoacídica de la proteína de la dieta no es una "preocupación"

La composición aminoacídica de los mo no es afectada por la dieta

El valor biológico de la proteína microbiana es relativamente constante : ~80%

48



Gracias por su atención !