Utilización de fuentes nitrogenadas como alternativa en la formulación de dietas en ganado lechero

Dr. José Arce Cordero

Titulación académica:

- Graduado de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica. Obtuvo su maestría en nutrición de rumiantes en la Universidad Estatal de Colorado, y posteriormente un doctorado en Nutrición de rumiantes en la Universidad de Florida.

En su experiencia laboral se destaca por:

- Ha trabajado como investigador de la Escuela de Zootecnia y como investigador postdoctoral en la Universidad de Florida. Su investigación ha estado principalmente enfocada en sistemas de pastoreo, nutrición mineral e hipocalcemia en ganado lechero. Actualmente es profesor catedrático de la Escuela de Zootecnia y colabora con el programa de posgrado en Nutrición Animal de la UCR.

Utilización de fuentes nitrogenadas como alternativa en la formulación de dietas en ganado lechero

Jose A. Arce Cordero, Ph.D.
Profesor Catedrático
Universidad de Costa Rica

EZ Escuela de Zootecnia

CINA
Centro de Investigación en Nutrición Animal

CÁMARA NACIONAL DE PRODUCTORES DE LECHE
COSTA RICA

29° Congreso Nacional LECHERO
16 - 17 Octubre 2024 - Hotel Wyndham Herradura

Nutrición Proteica en rumiantes

- Nitrógeno es el componente elemental de las proteínas
- Análisis de forrajes, subproductos, granos, etc
- Medición de contenido total de Nitrógeno total en una muestra
- “Proteína Cruda” = **Nitrógeno total** x 6.25

Nutrición Proteica en rumiantes

- “Proteína Cruda” = **Nitrógeno Total** x 6.25
- **Nitrógeno Total** = **Nitrógeno No Proteico** + **Nitrógeno Proteico**
- Proporción Nitrógeno Proteico / Nitrógeno No Proteico
  - **Muy distinta entre diferentes tipos de alimentos**

Nitrógeno Proteico y Nitrógeno No Proteico en ingredientes

Urea

- 46% de Nitrógeno total
  (**Nitrógeno No Proteico**)
- Proteína cruda = 46% N x 6.25
  - **288% “Proteína Cruda”**

Harina de Soya

- 8 % de Nitrógeno total
  (**Nitrógeno Proteico o Proteína Verdadera**)
- Proteína Cruda = 8% N x 6.25
  - **50% “Proteína Cruda”**

Proteína Cruda Dieta

NNP + Proteína Degradable en Rumen (PDR)

Proteína Microbial

Digestión y absorción intestinal

Proteína No Degradable en rumen (PNDR)

Proteína "Sobrepasante"

Fracción digestible (absorción intestinal)

Fracción No digestible (heces)

Proteína Cruda Dieta

NNP + Proteína Degradable en Rumen (PDR)

Proteína Microbial

Digestión y absorción intestinal

Proteína No Degradable en rumen (PNDR)

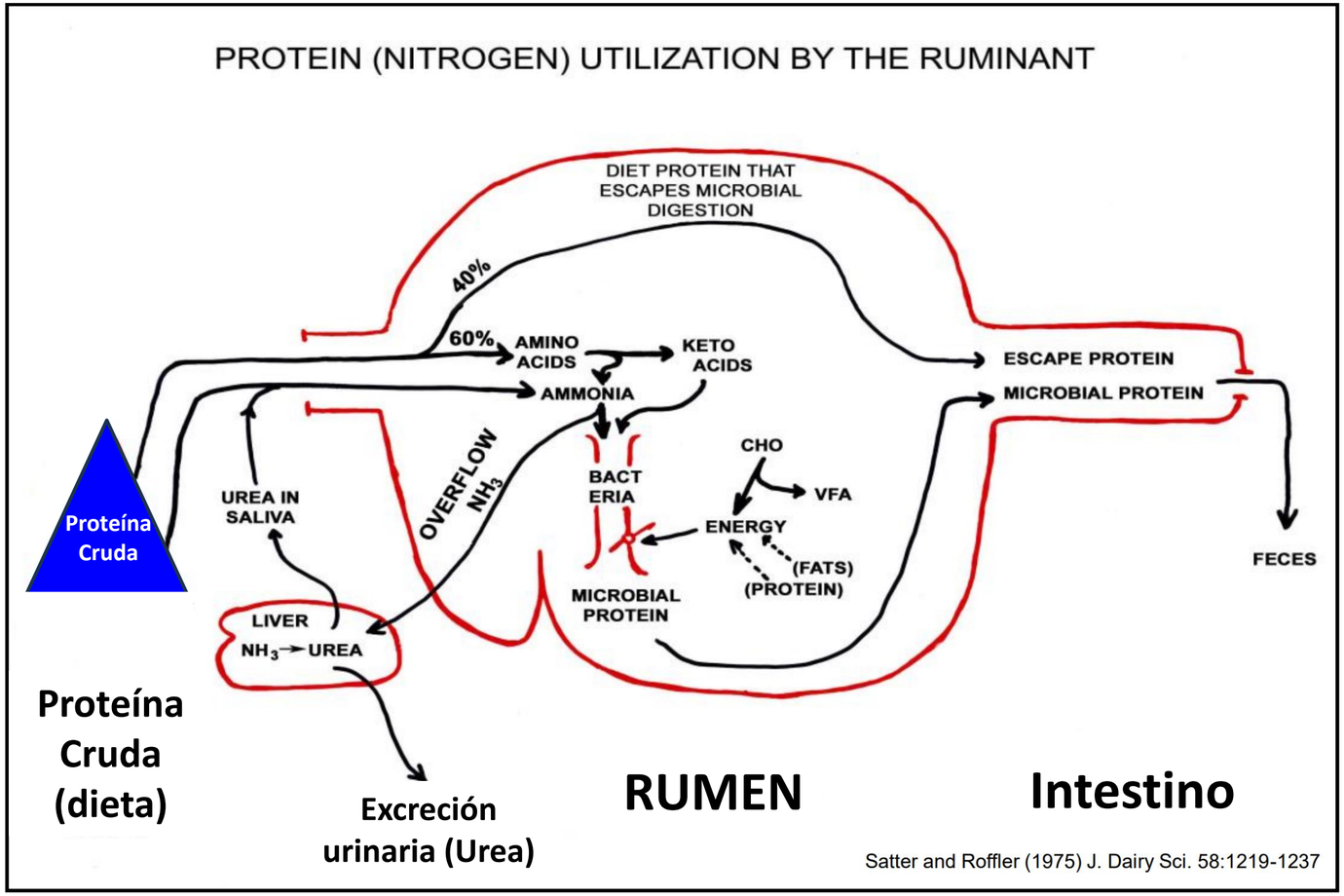
Proteína "Sobrepasante"

Fracción digestible (absorción intestinal)

Fracción No digestible (heces)

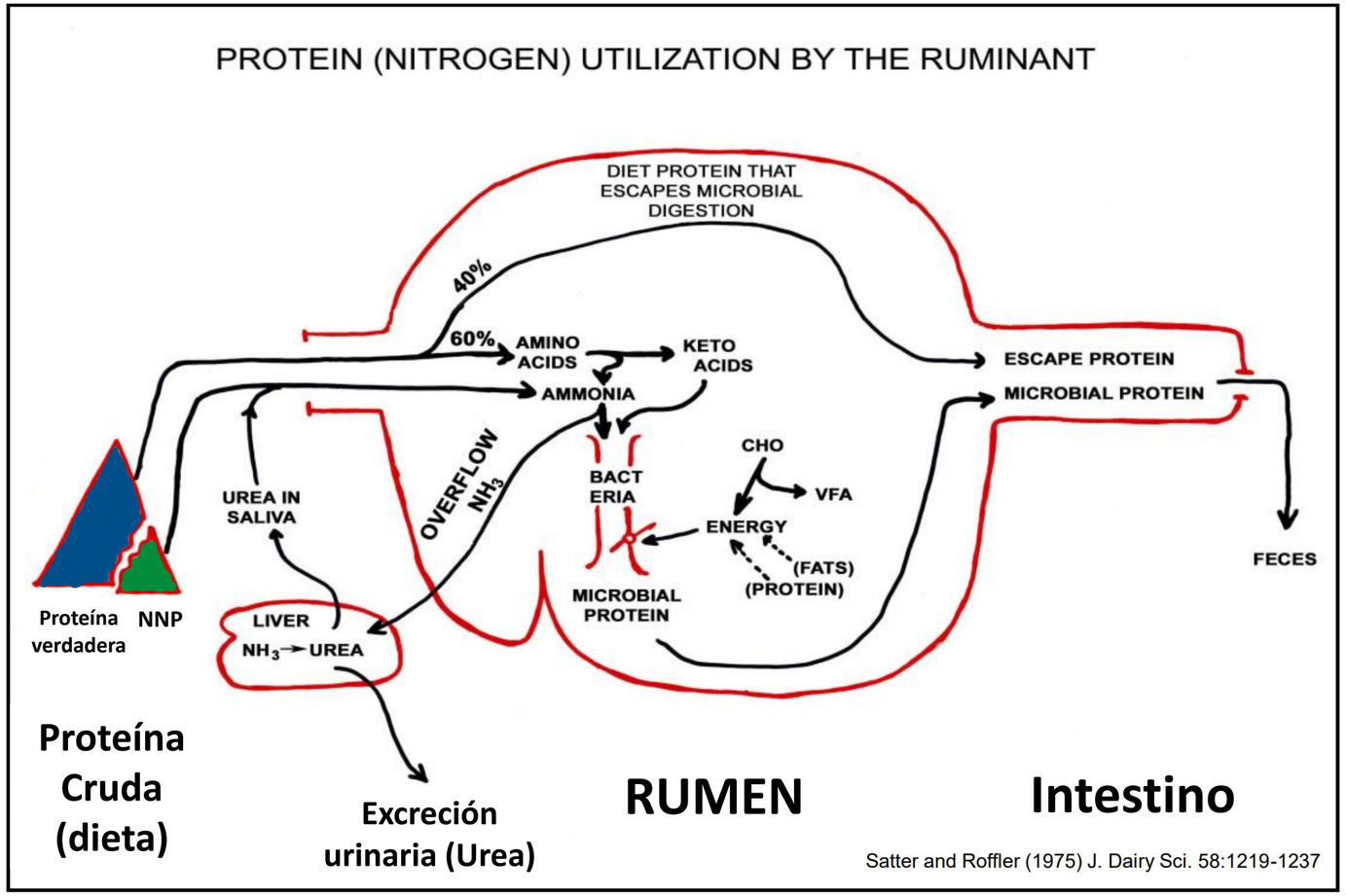
Proporción PDR / PNDR y digestibilidad PNDR altamente variables entre alimentos!!

Aprovechamiento del N en rumiantes



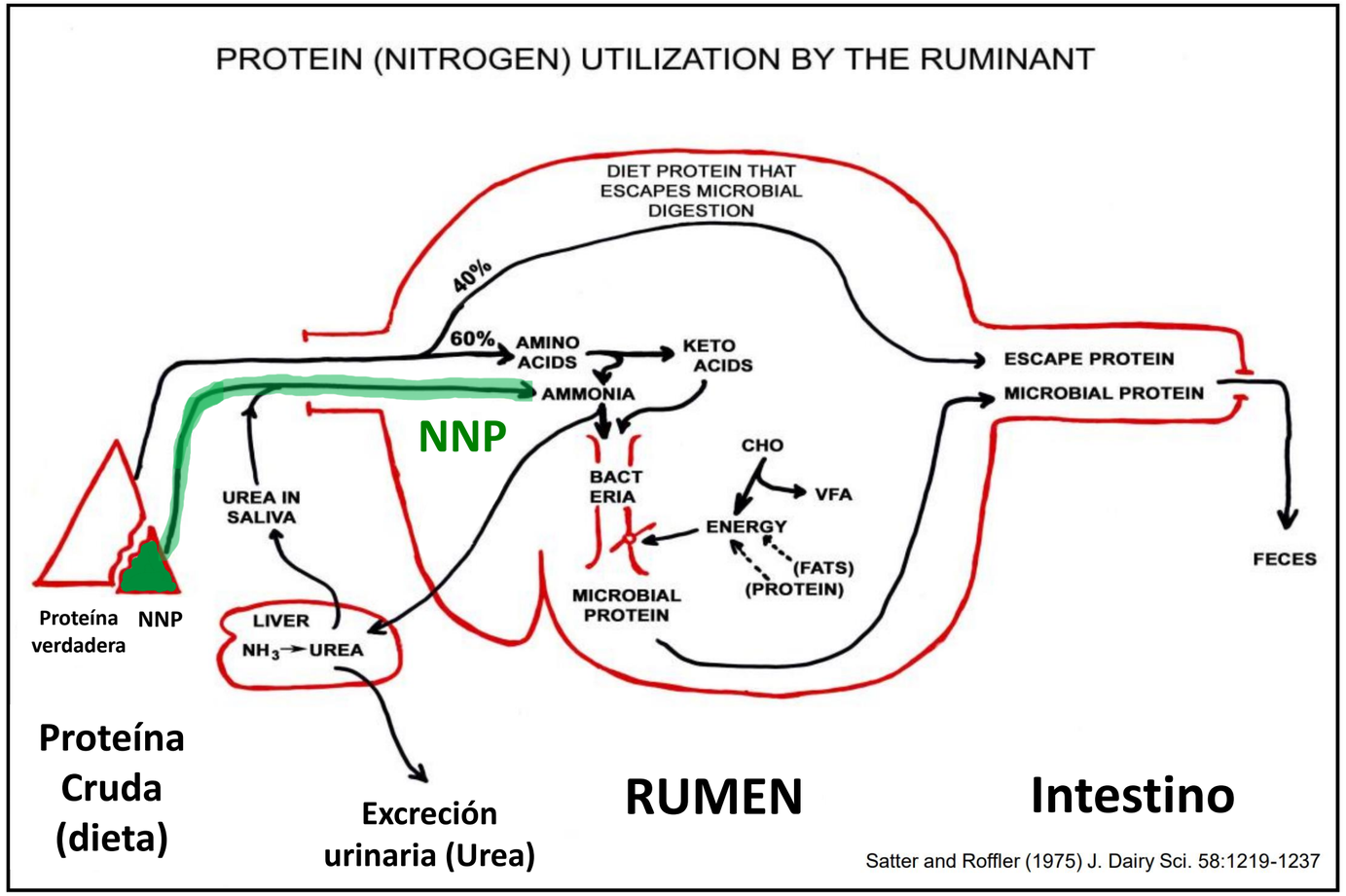
Satter and Roffler (1975) J. Dairy Sci. 58:1219-1237

Aprovechamiento del N en rumiantes

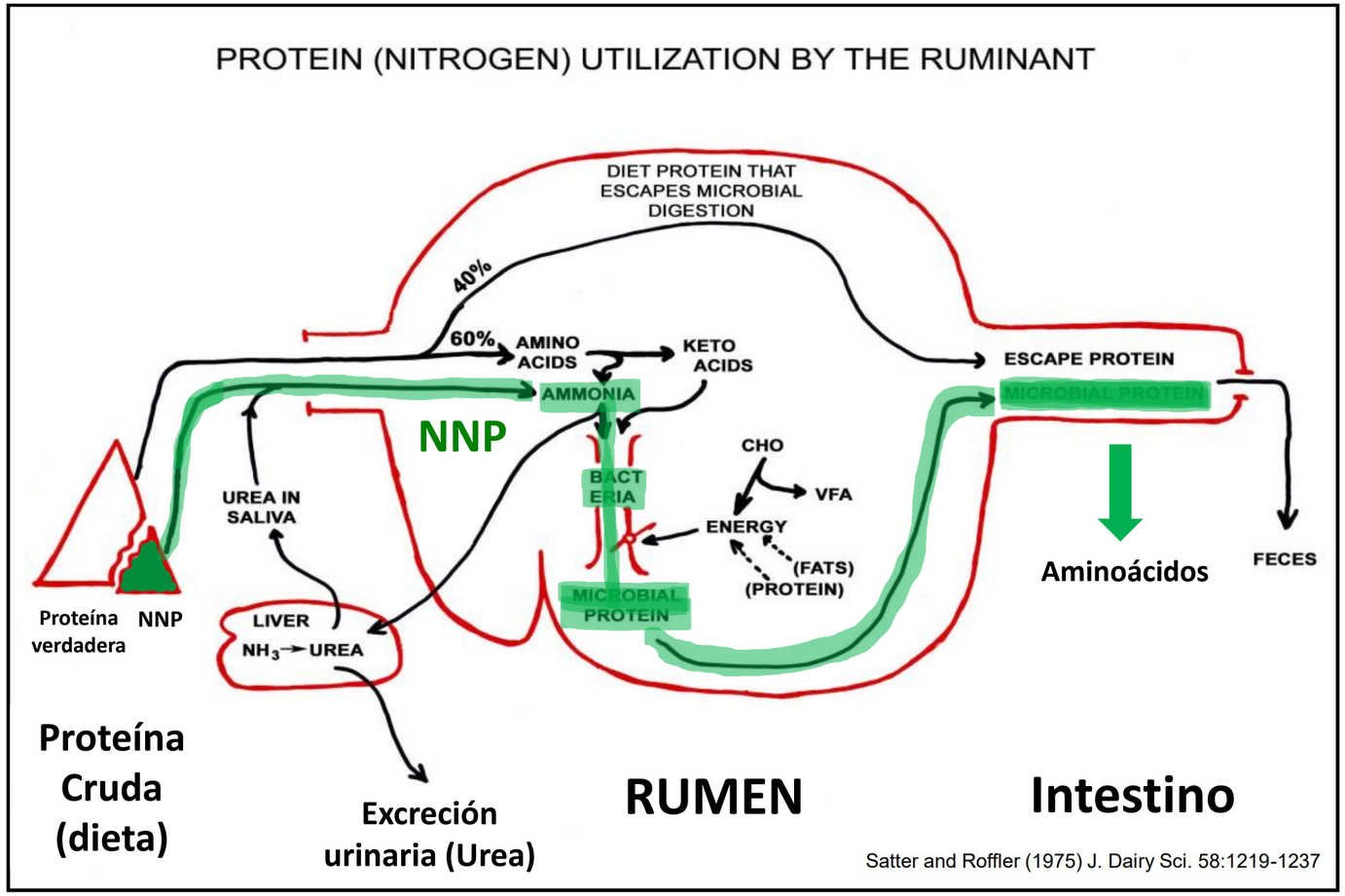


Satter and Roffler (1975) J. Dairy Sci. 58:1219-1237

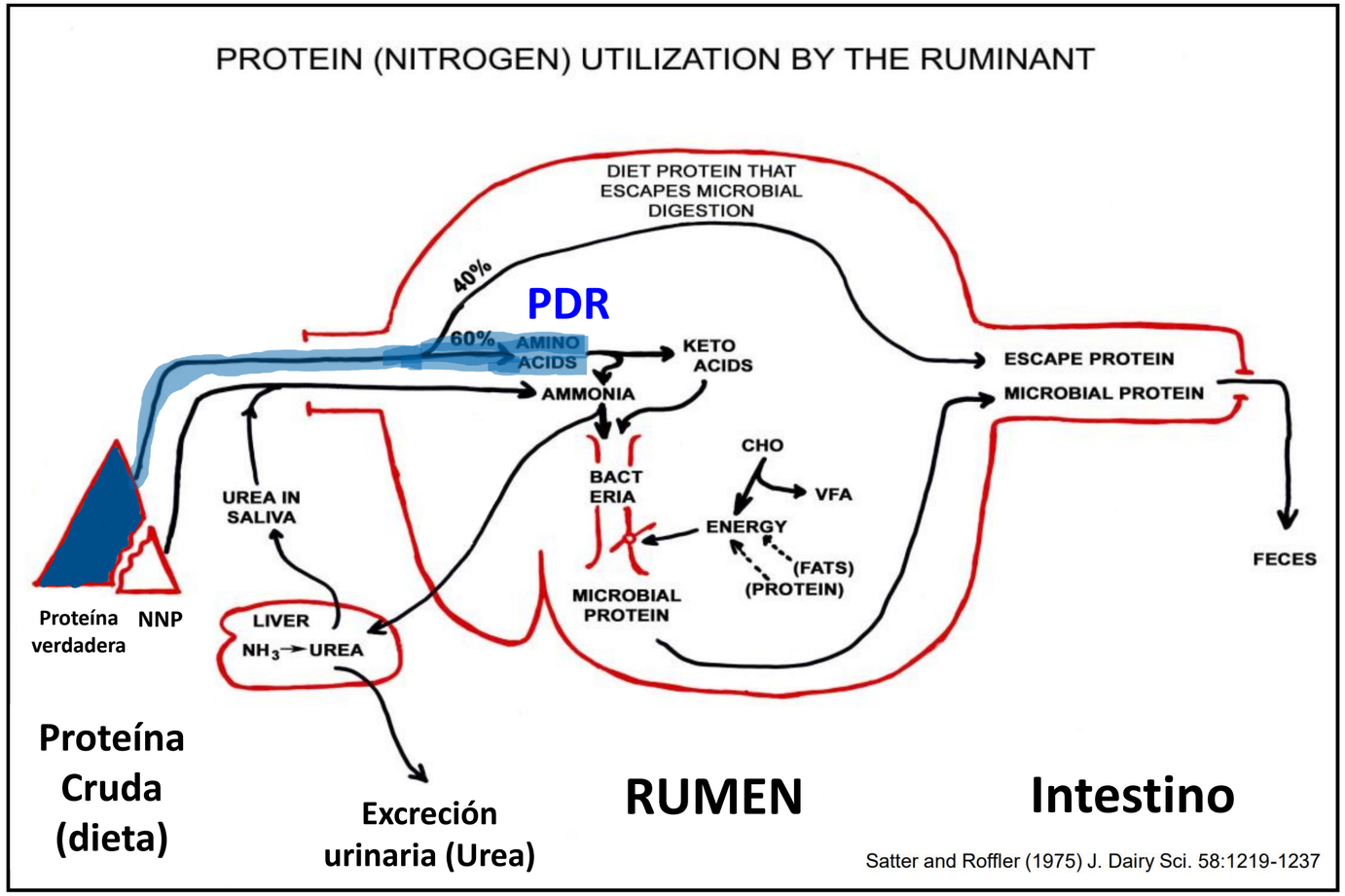
Aprovechamiento del N en rumiantes



Aprovechamiento del N en rumiantes

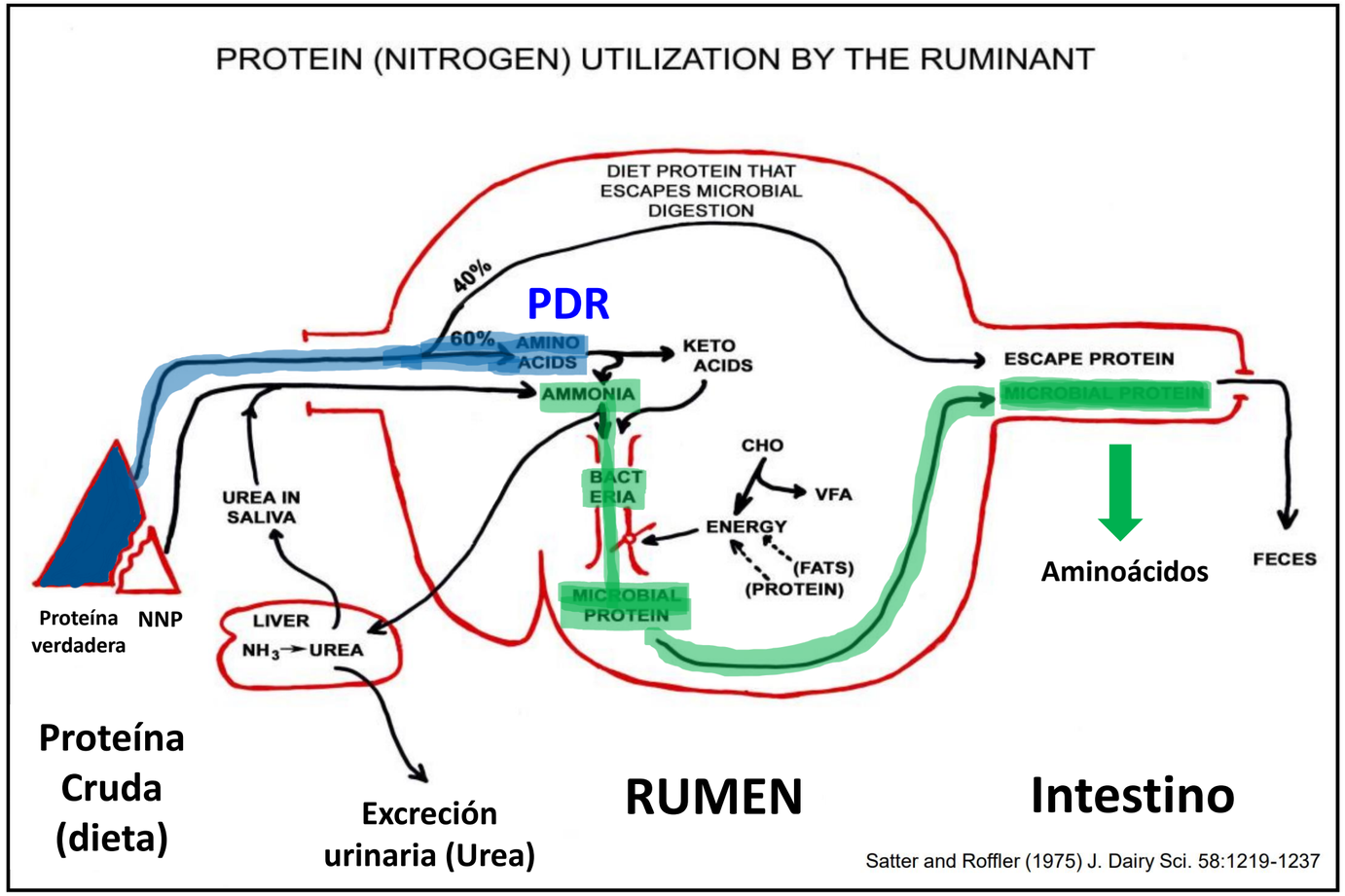


Aprovechamiento del N en rumiantes

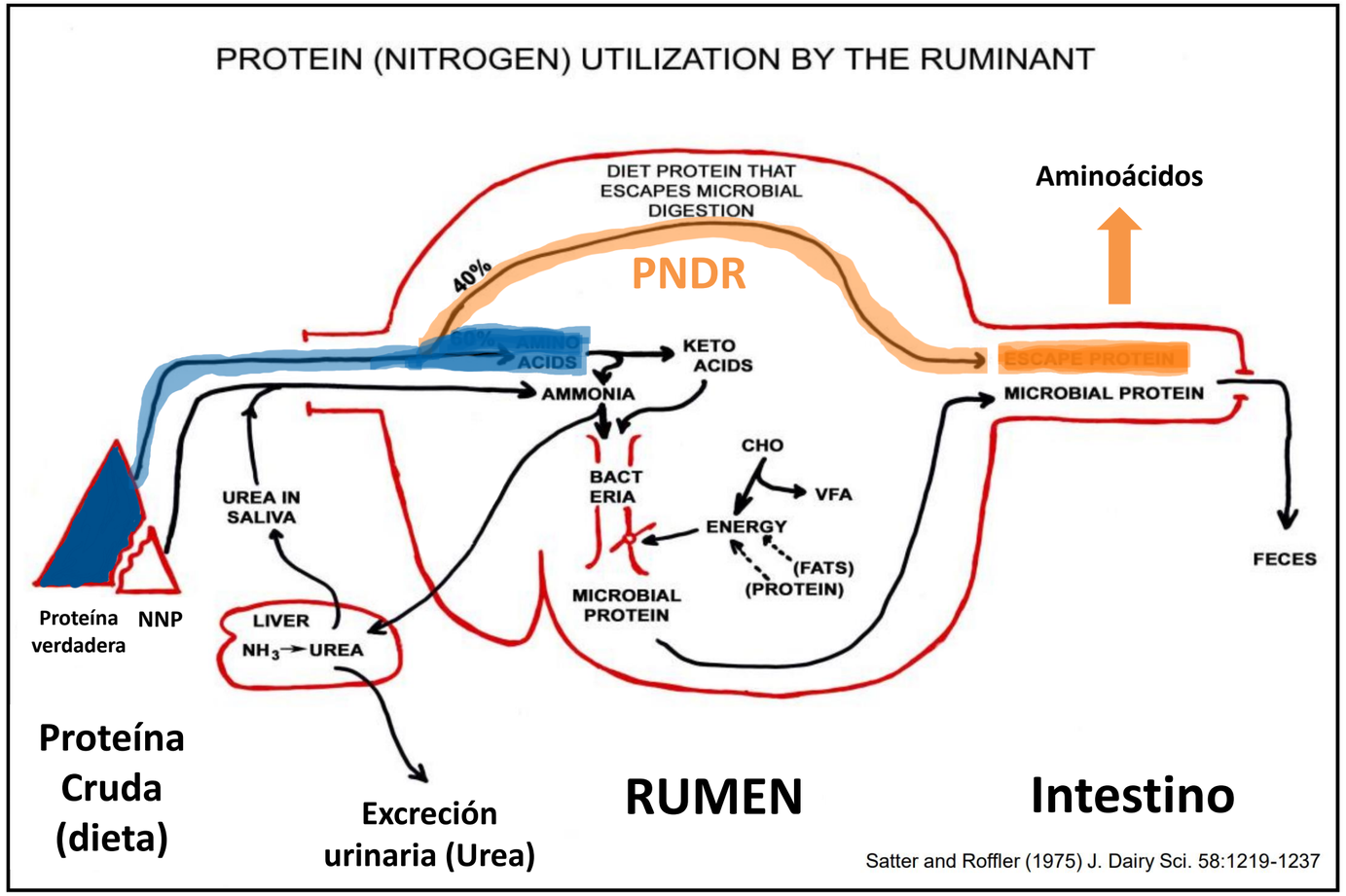


Satter and Roffler (1975) J. Dairy Sci. 58:1219-1237

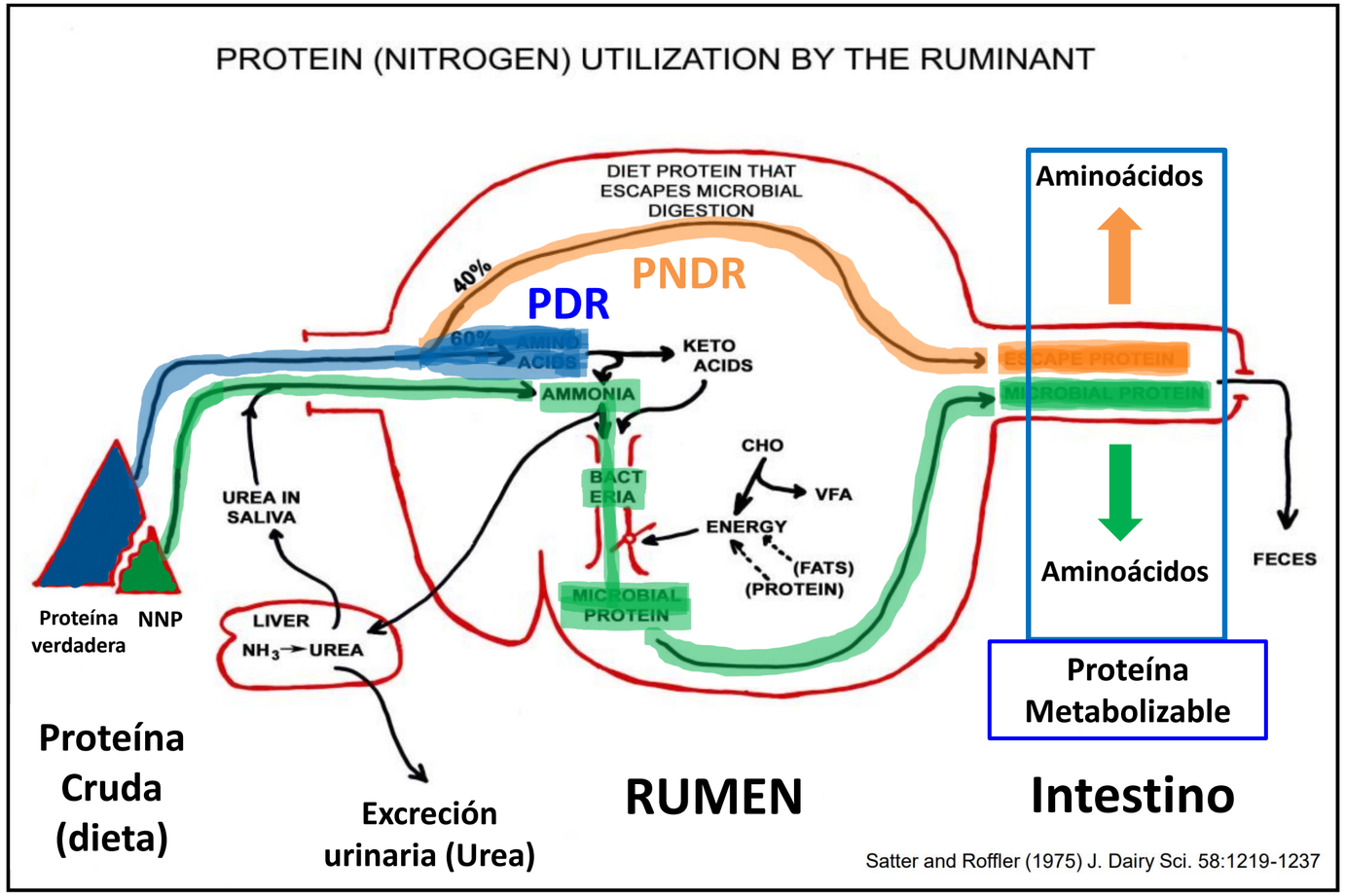
Aprovechamiento del N en rumiantes



Aprovechamiento del N en rumiantes



Aprovechamiento del N en rumiantes



Proteína Metabolizable

[Proteína Microbial] + [Proteína Escape ("sobrepasante")]

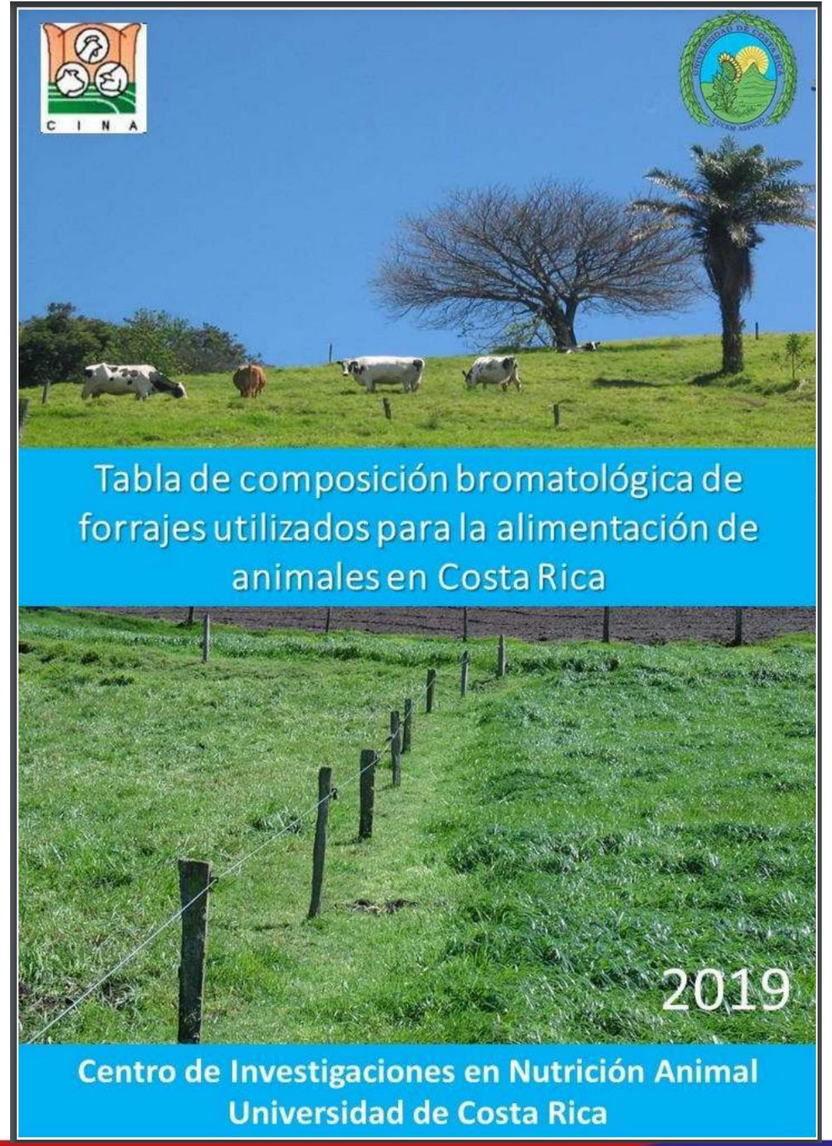
- Requerimientos para ganado lechero
  - Proteína Metabolizable / Aminoácidos
- Conocimiento de fracciones proteicas de ingredientes
  - **PDR** (Proteína Degradable en rumen)
  - **PNDR** (Proteína No Degradable en rumen, escape o "sobrepaso")
  - Necesario para estimar aporte de Prot. Microbial y Prot. Escape
- Indispensable para balance de dietas

Fracciones Proteicas de ingredientes en raciones lecheras

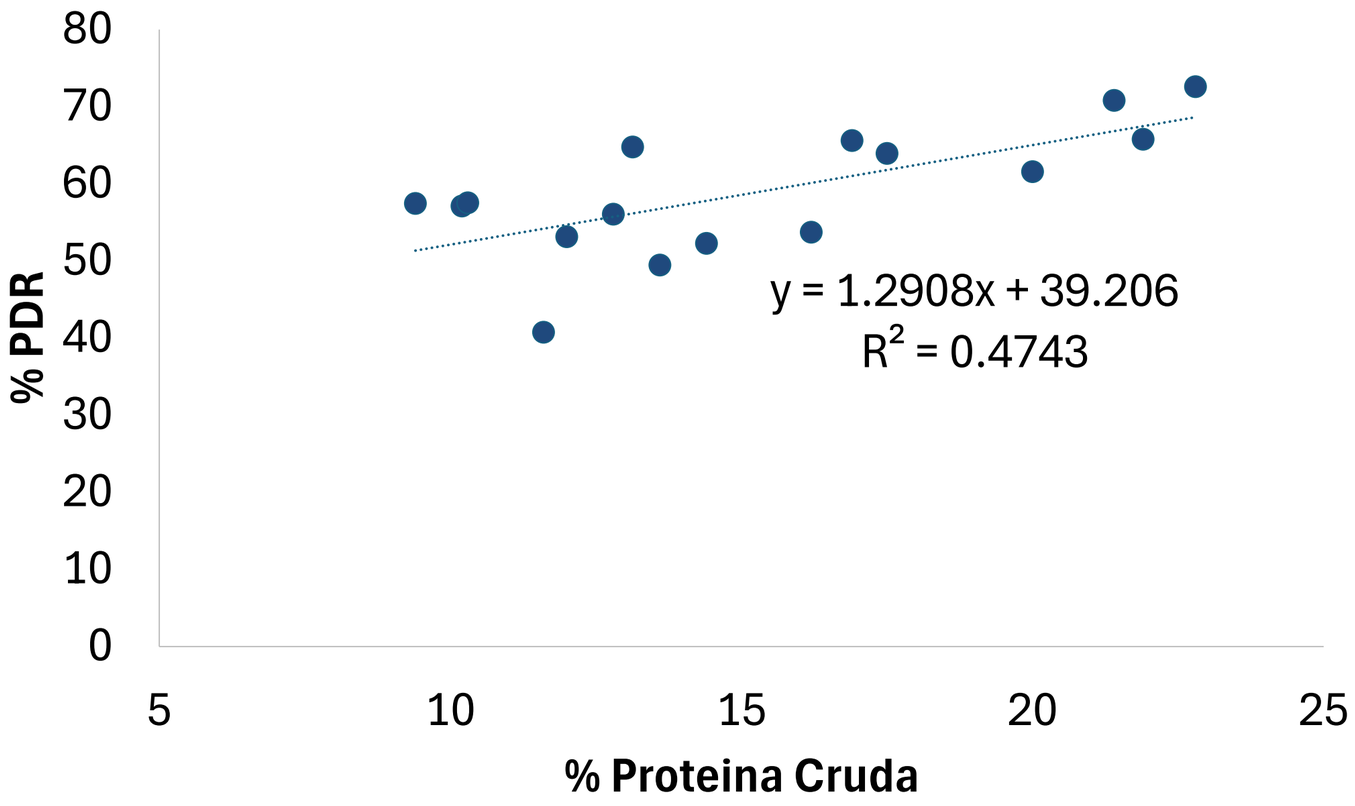
- **¿Qué tan bien las conocemos?**
  - Bases de datos a nivel nacional principalmente detallan Proteína Cruda (PC)
- **Poco conocimiento de fraccionamiento proteico en forrajes**
  - En estudios encontramos datos de 60:40 hasta 80:20 (**PDR**:**PNDR**)
  - Es común ajustar el valor de PC y asumir un valor fijo de **PDR**:**PNDR**
- **En dietas lecheras el forraje aporta al menos la mitad de la proteína consumida.** Indispensable una buena caracterización

Tablas de composición de forrajes

- Información de muestras y proyectos del CINA
- Elaboradas por Ing. Adrián Martínez, CINA
- Actualmente se está preparando la nueva edición que incluye fraccionamiento proteico de forrajes

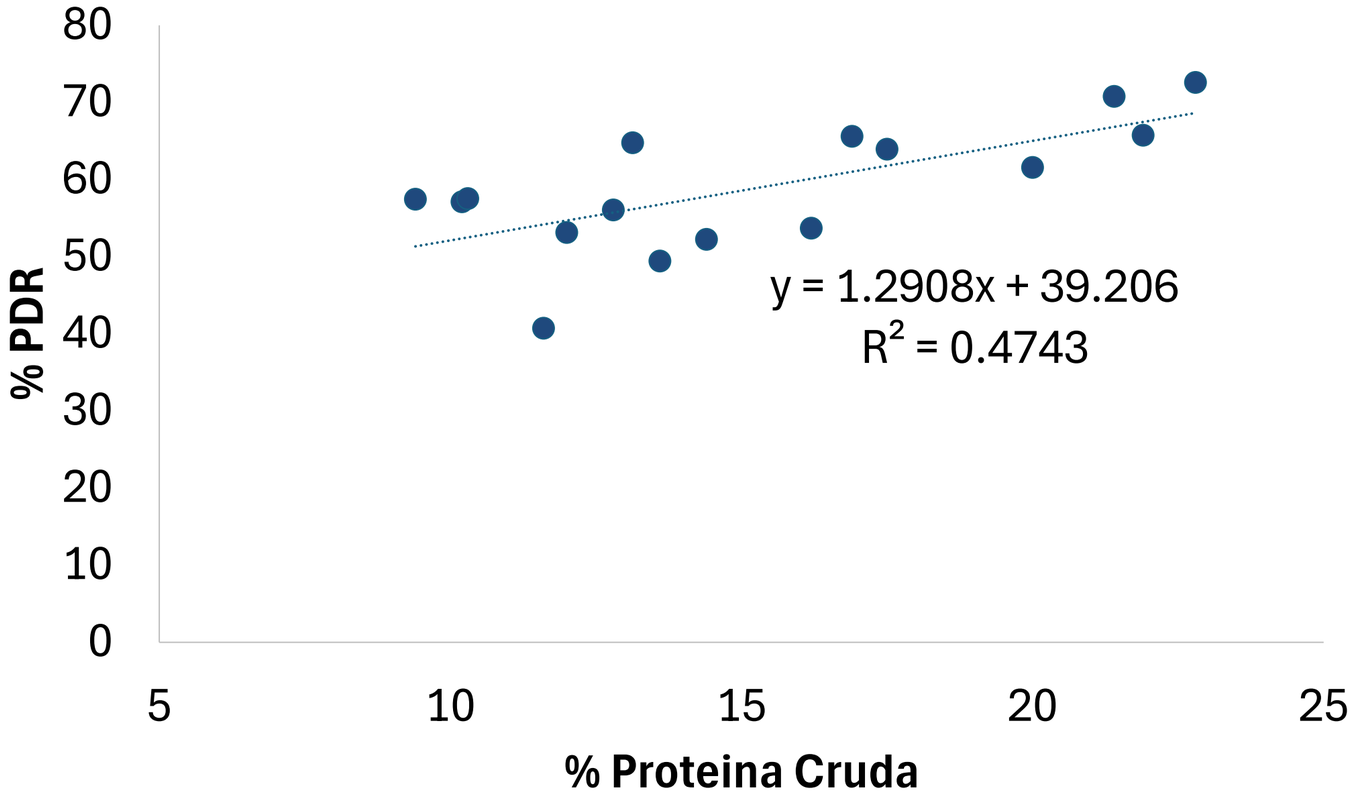


Fracciones Proteicas en principales forrajes de CR. Proteína Degradable en rumen (PDR)



Datos de Tablas de composición bromatológica de forrajes, CINA (Martínez, 2024)

Fracciones Proteicas en principales forrajes de CR. Proteína Degradable en rumen (PDR)

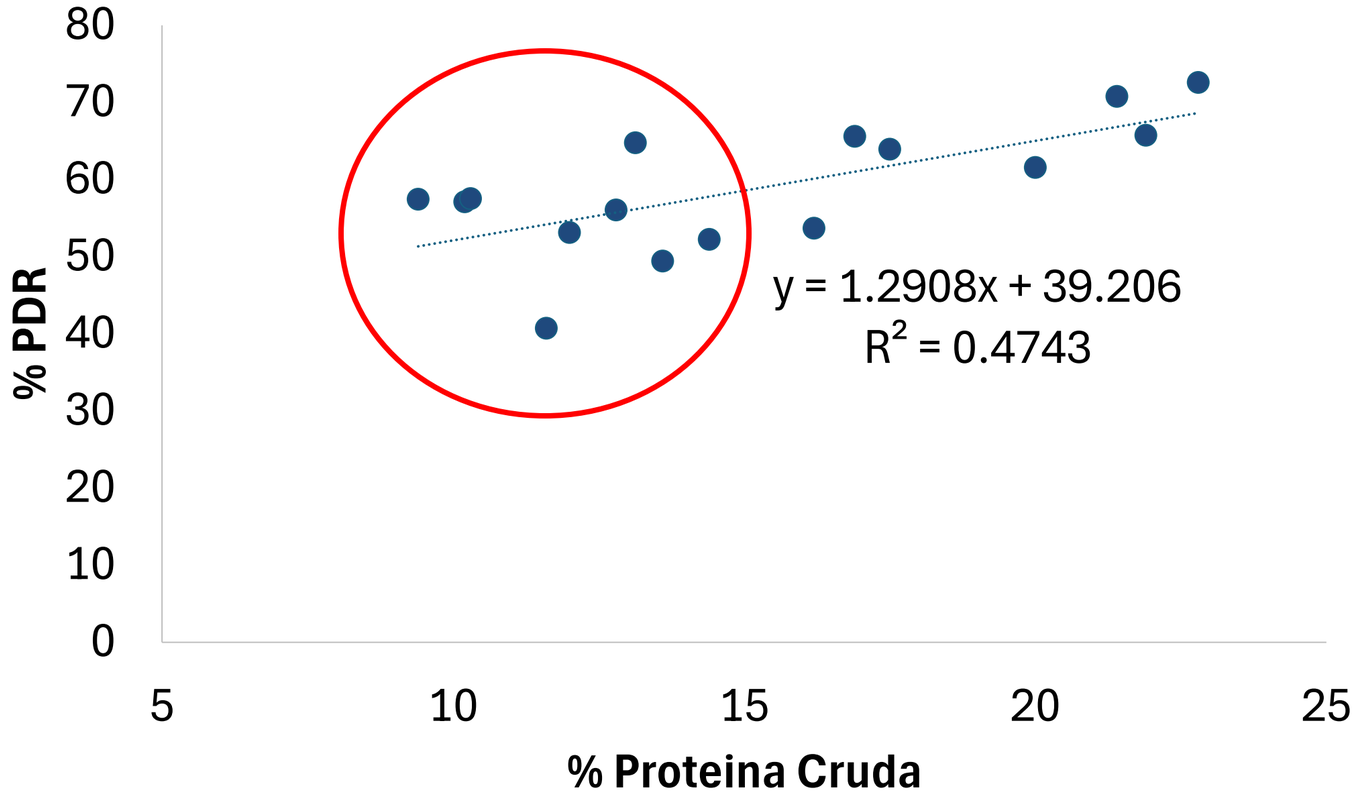


A nivel práctico es común ajustar el valor de PC del forraje y usar valores fijos para PDR:PNDR.

Sin embargo, más que datos puntuales es importante identificar relaciones y tendencias

Datos de Tablas de composición bromatológica de forrajes, CINA (Martínez, 2024)

Fracciones Proteicas en principales forrajes de CR. Proteína Degradable en rumen (PDR)



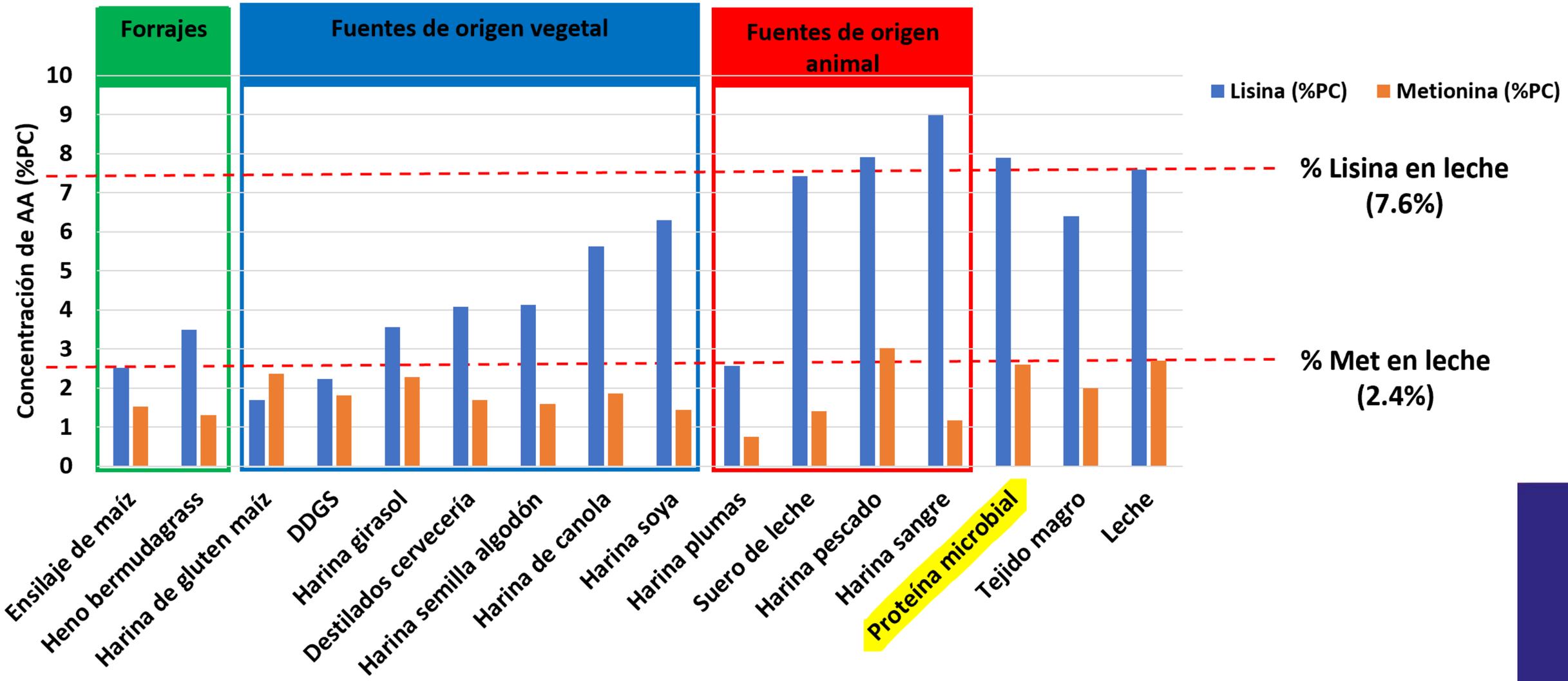
Forrajes con menor concentración de proteína cruda, también tienen baja PDR (50%).

Suplementación debe suplir PDR para garantizar síntesis de Proteína microbial y consumo de MS

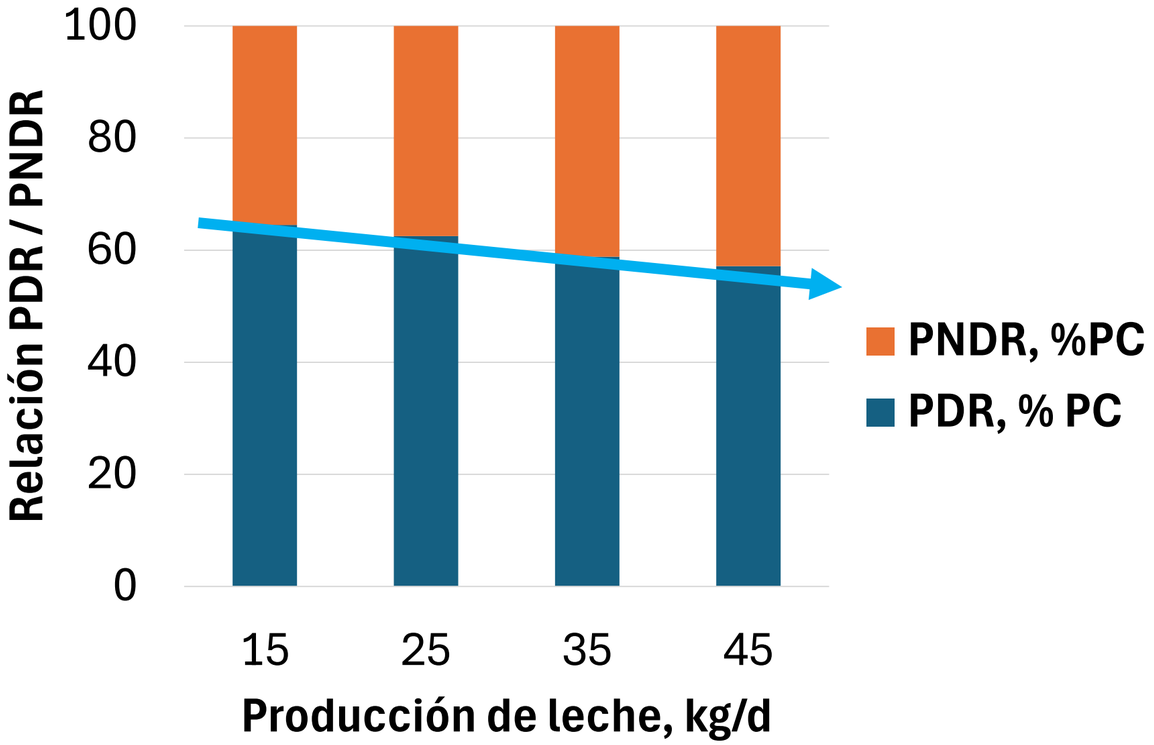
Datos de Tablas de composición bromatológica de forrajes, CINA (Martínez, 2024)

Importancia de Proteína Microbial para la producción de leche

Concentración de Lisina y Metionina (%PC)



Requerimientos de PDR / PNDR según producción de leche



A menores niveles de producción de leche, las vacas son más dependientes de PDR.

Sin embargo, es más probable que consuman forrajes con menor aporte de PDR

Suplementación de PDR

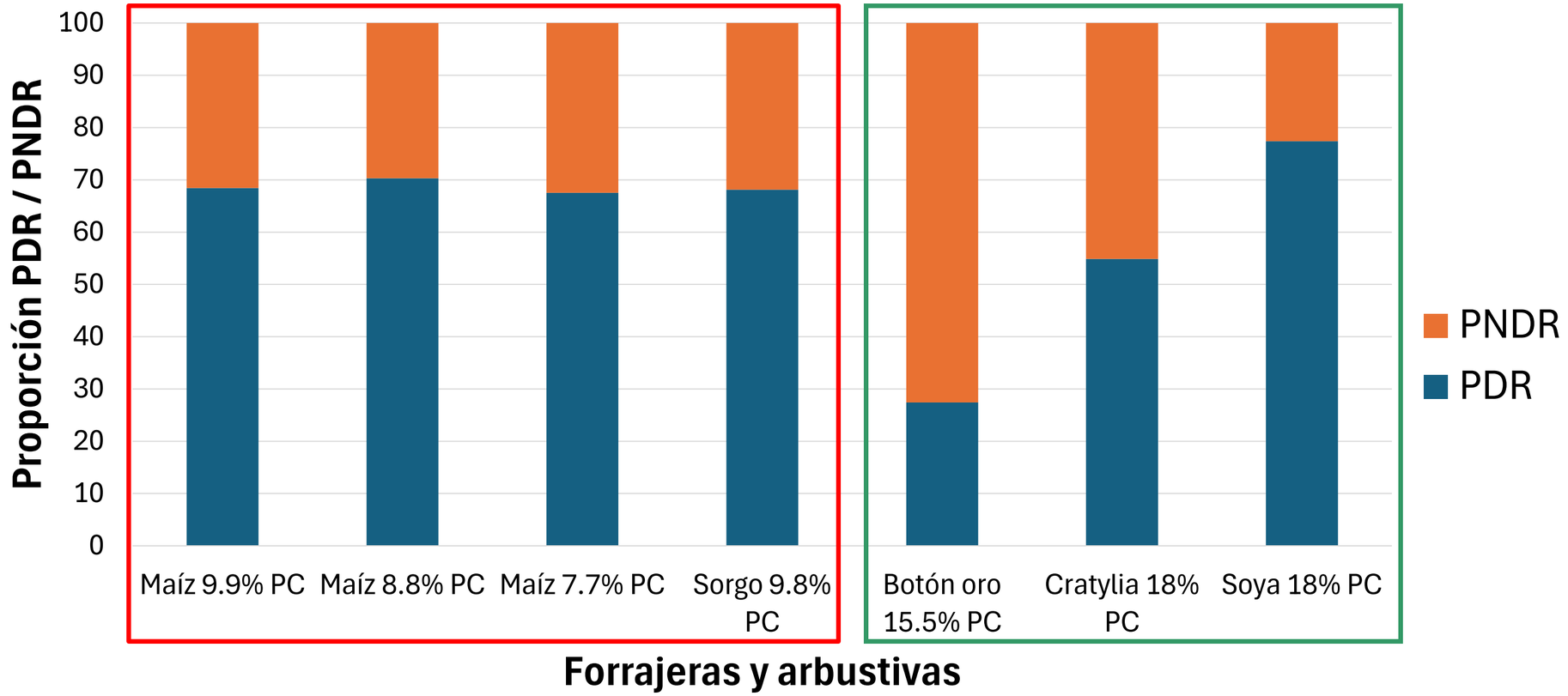
- **Urea** (100% de la PC corresponde a PDR)
- Niveles seguros de suplementación hasta aprox. 100g Urea/d
- Requiere disponibilidad de CHOs fermentables
  - Acoplamiento de sustratos (síntesis Proteína Microbial)
  - Azúcares, pectinas, almidones altamente fermentables, etc

Suplementación de PDR (Urea)

- Recomendaciones para acoplamiento
  - 5 g de CHOs fermentables **/** g de PDR
  - 15 g de CHOs fermentables **/** g de urea

UREA	CHOs
100 g	20 kg Pulpa cítricos / Piña
100 g	7.5 kg Subpdto. Yuca
100 g	**3.5 kg Melaza**
30 g	1 kg melaza

Suplementación de PDR (forrajeras de corte)



Poca información (<u>muy pocas muestras</u>).

Información sugiere que algunas arbustivas tienen alto aporte de PC y PDR.

¿Alternativa para zonas con pastos bajos en PC?

Datos de Tablas de composición bromatológica de forrajes, CINA (Martínez, 2024)

Suplementación de PDR (Arbustivas)

UREA	Arbustiva (18% PC)	Equivalente en forraje verde
100 g	Baja PDR (**50%**)	**13 kg**
100 g	Media PDR (**60%**)	**11 kg**
100 g	Alta PDR (**70%**)	**9 kg**

Niveles crecientes de suplementación con Botón de oro

Item	Inclusión de Botón de oro (forraje verde)		
	0 kg	9 kg	18 kg
Concentrado (kg/d)	6.4 (100%)	4.8 (75%)	3.2 (50%)
PC dieta (%)	16.6	16.4	16.0

Alpízar y Arias (2018)
Edad de cosecha 50 días. Producción de 4.2 ton MS/ha por corte
Costo ₡95 / kg MS (₡14 / kg MV). Corte y acarreo suma 82% del costo

Niveles crecientes de suplementación con Botón de oro

Item	Inclusión de Botón de oro (forraje verde)		
	0 kg	9 kg	18 kg
Concentrado (kg/d)	6.4 (100%)	4.8 (75%)	3.2 (50%)
PC dieta (%)	16.6	16.4	16.0
Producción de leche (kg/d)	19.2[a]	19.4[a]	17.3[b]
Grasa en leche (%)	4.36	4.44	4.45
Proteína en leche (%)	3.39[a]	3.33[ab]	3.25[b]
Costo suplementación (₡/d)	1577	1434	1280

Alpízar y Arias (2018)
Edad de cosecha 50 días. Producción de 4.2 ton MS/ha por corte
Costo ₡95 / kg MS (₡14 / kg MV). Corte y acarreo suma 82% del costo

Suplementación con Ensilaje de Soya (CIGRAS-06)

Item	Inclusión de Ensilaje de Soya (forraje verde)		
	0 kg	6 kg	12 kg
Concentrado (kg/d)	12 (100%)	10.5 (87%)	8.9 (75%)
PC dieta (%)	15.6	15.2	15.2

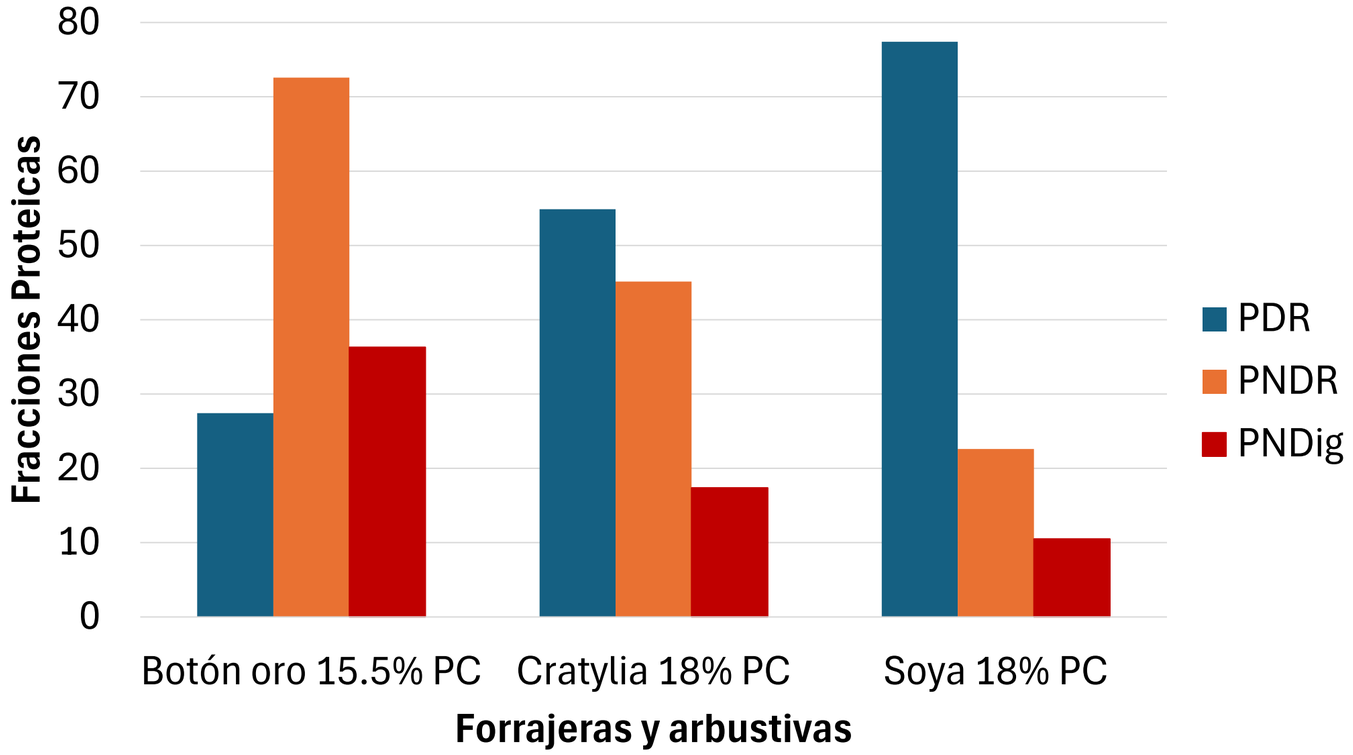
Tobía et al. (2004)
Dieta a base de ensilaje de maíz (20 kg/vaca/d)

Suplementación con Ensilaje de Soya (CIGRAS-06)

Item	Inclusión de Ensilaje de Soya (forraje verde)		
	0 kg	6 kg	12 kg
Concentrado (kg/d)	12 (100%)	10.5 (87%)	8.9 (75%)
PC dieta (%)	15.6	15.2	15.2
Producción de leche (kg/d)	18.4[a]	18.3[a]	16.8[b]
Grasa en leche (%)	3.84	3.88	3.98
Proteína en leche (%)	3.38[a]	3.24[b]	3.19[b]
Consumo materia seca (kg/d)	15.5[a]	15.5[a]	15.1[b]
Costo suplementación ($/d)	3.01	2.80	2.74

Tobía et al. (2004)
Dieta a base de ensilaje de maíz (20 kg/vaca/d)

Suplementación de PDR (forrajeras de corte)



Datos de Tablas de composición bromatológica de forrajes, CINA (Martínez, 2024)

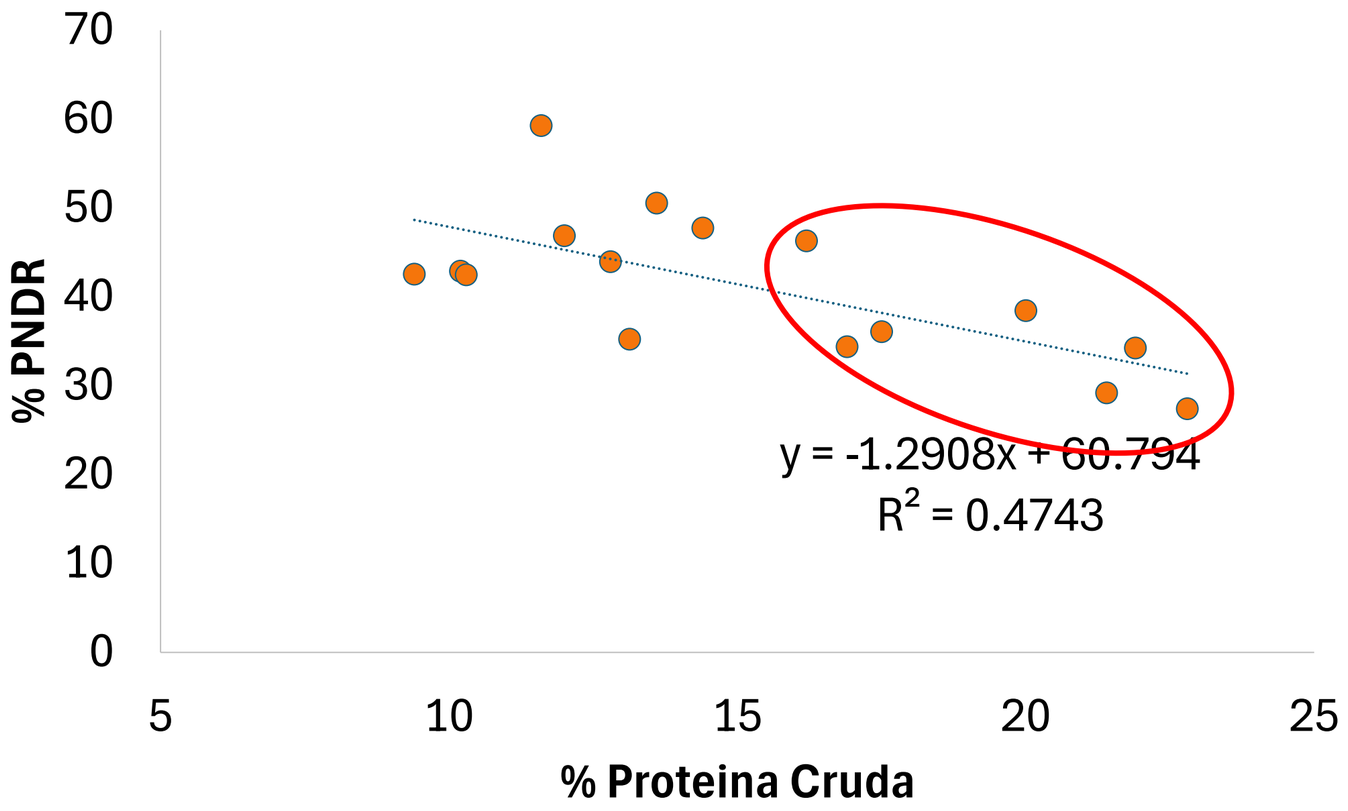
- Poca información disponible. **NO** permite inferir diferencias entre especies
- **Naturaleza arbustiva (tallo/lignina)** influye en el aprovechamiento de la Proteína
- Aproximadamente **50% de la PNDR corresponde a Proteína No digestible** (**PNDig**) (comparado con 24% en pastos)
- Manejo y estrategias para **maximizar PDR en arbustivas**

Suplementación de PDR (Subproductos avícolas)

- Suplementación de 2 – 3 kg por día
- Aporte de PDR similar a 100 g de Urea

Pollinaza	CHOs
2 kg	20 kg Pulpa cítricos / Piña
2 kg	7.5 kg Subpdto. Yuca
2 kg	**3.5 kg Melaza**
0.7 kg	1 kg melaza

Fracciones Proteicas en principales forrajes de CR. Proteína No Degradable en rumen (PNDR)



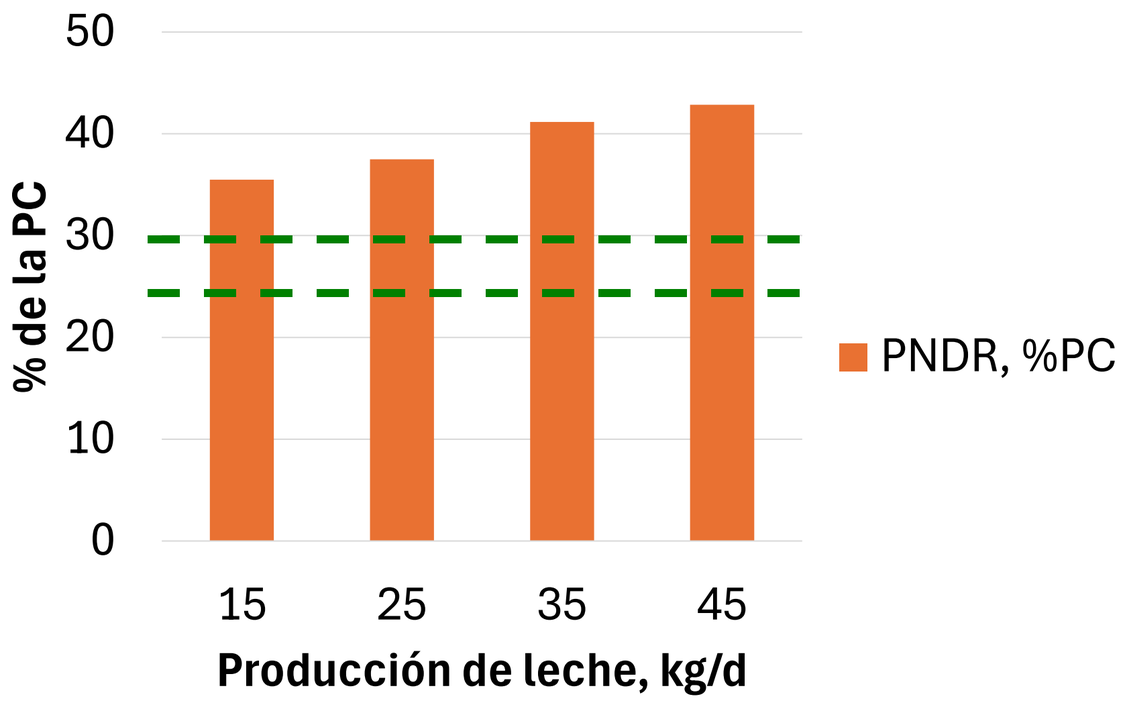
- Pastos con mediana/alta concentración de PC tienen menor concentración de PNDR
- Común en pastos de zona alta: alta PC, alta PDR, baja PNDR
- Normalmente animales de mediana/alta producción (con mayores requerimientos de Proteína Metabolizable)

Datos de Tablas de composición bromatológica de forrajes, CINA (Martínez, 2024)

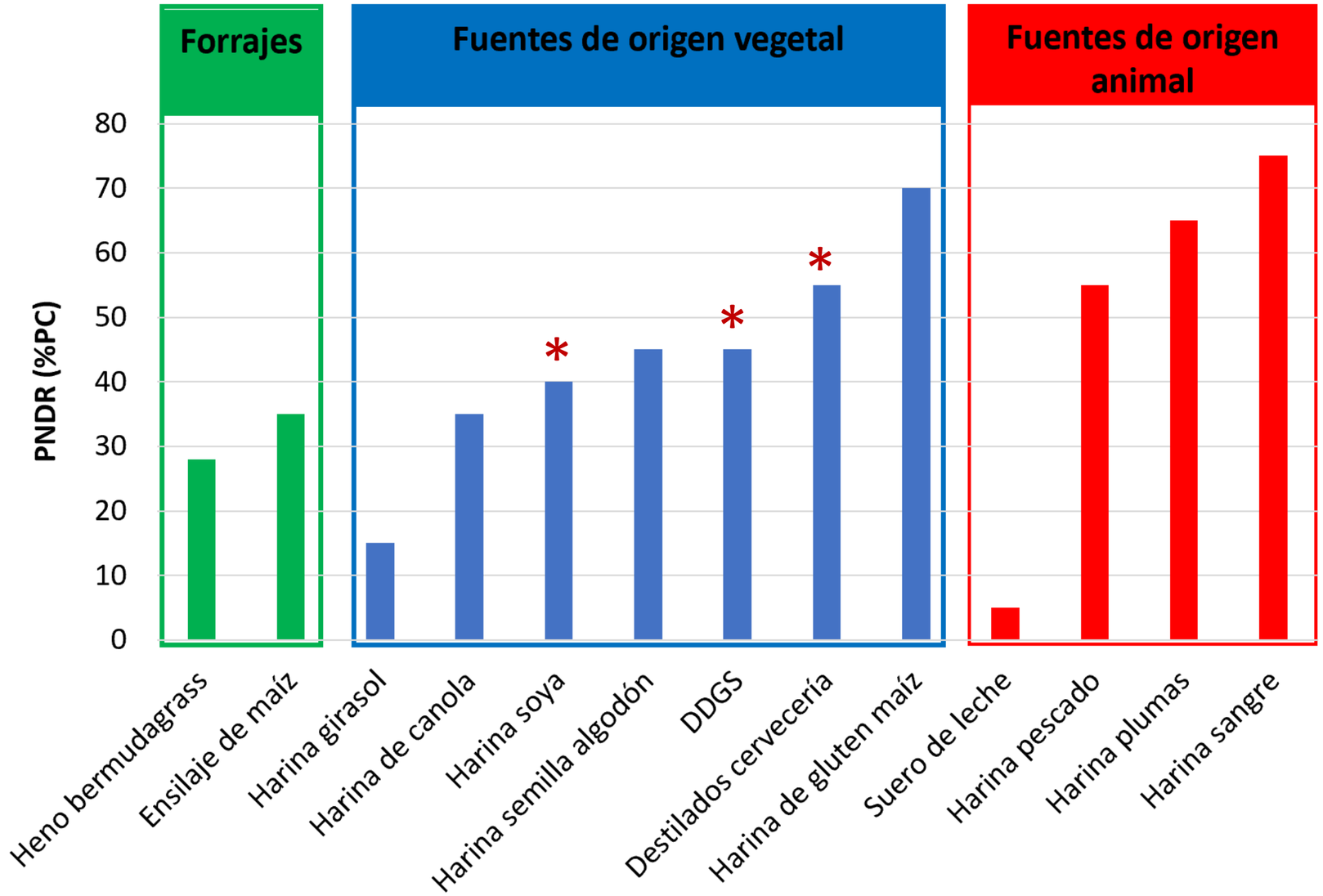
Forrajes zonas altas

- **Proteína cruda 15 – 20%** (promedio)
- Alto aporte de **PDR (60 – 70%)** (¿Exceso?)
- **PNDR = 30 – 40 %**
  - No toda la PNDR es digestible (**75% digestibilidad**)
  - **Aporte neto de 25 – 30% PNDR**

Requerimientos de PNDR



Suplementación con PNDR
Necesaria para cubrir req. de Prot. Metabolizable



Proteína no degradable en rumen (PNDR)

En diferentes tipos de ingredientes

En promedio, harinas de oleaginosas y subproductos proteicos de origen animal tienen mayor **% PNDR** que forrajes

Niveles crecientes de suplementación con DDGS

Item	% DDGS en Alimento balanceado			
	0	22	32	42
% DDGS (dieta total)	0	9	13	17
% Harina Soya (concentrado)	19.5	8.7	3.8	0
% Maíz (concentrado)	66	56	52	46
PC dieta (% MS)	13.6	13.6	13.6	13.6
Proteína Sobrepasante (% PC)	33	34	35	36

Macaya y Rojas (2009)

Niveles crecientes de suplementación con DDGS

Item	% DDGS en Alimento balanceado			
	0	22	32	42
Consumo DDGS (kg MS/d)	0	1.7	2.5	3.3
Producción de leche 4% (kg/d)	21.9[a]	19.9[b]	22.4[a]	19.7[b]
Grasa en leche (%)	3.88[a]	3.55[bc]	3.62[b]	3.44[c]
Grasa (g/d)	861[a]	756[b]	854[a]	733[b]
Proteína en leche (%)	3.42[a]	3.37[a]	3.23[b]	3.29[b]
Proteína (g/d)	760[a]	710[b]	754[a]	700[b]
Costo suplementación (%)	100	94	92	90

Macaya y Rojas (2009)

Suplementación de PNDR con Subpdtos de Cervecería

- **Materia seca 18 – 35%**
  - Alta variabilidad (¿condiciones y tiempo de almacenamiento?)
  - Susceptibilidad a crecimiento de hongos y micotoxinas

- **25 – 28% PC**, 8 – 9% EE, 65% FDN, 30% FDA

- Aproximadamente **35 – 40% de la PC es PNDR**
  - Similar PNDR a harina de soya

Suplementación de PNDR con Subpdtos de Cervecería

- Mayor proporción de fracción No digestible en comparación a Soya
  - Aproximadamente **25% de la PNDR No es digestible (comparado con 6% en Soya)**

- Suplementación de 2 – 3 kg de MS / día
  - Aproximadamente 5 – 15 kg / día en base fresca

Suplementación con Aminoácidos protegidos

- Resultados positivos de suplementación (Met) en otros países
- Mayoría de estudios en sistemas estabulados con animales muy productivos
- En CR se hizo un estudio evaluando Hidroxianálogo de la Metionina (Vargas-Villalobos et al., 2017)

Suplementación con Aminoácidos protegidos en CR

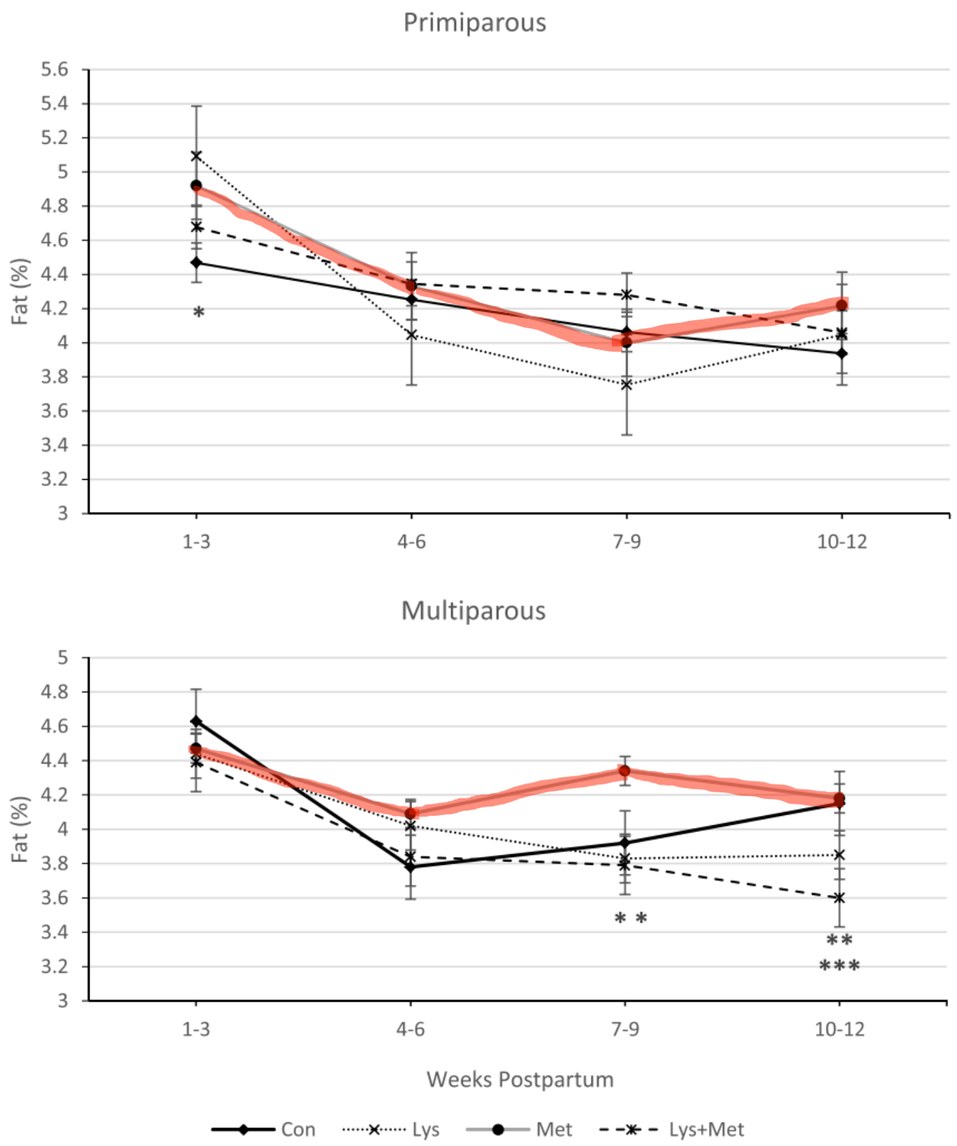
- **Vargas-Villalobos et al. (2017)**
  - 20 vacas Holstein, producción promedio 33 kg/d
  - 25 g/día Hidroxianálogo Met
  - En dietas con 15.8% PC y 16.6% PC
- No se encontró efecto de suplementación con Met en producción de leche ni sus componentes
- ¿Poder estadístico? (5 vacas por tratamiento)

Suplementación con Aminoácidos protegidos en Chile

- **Meléndez et al. (2023)**
  - 104 vacas Holstein, producción promedio 33 kg/d
  - 30 g/día Met, 20 g/d Lys, Met+Lys, Control
  - En dietas 17.7% PC
- Suplementación con Met aumentó producción y grasa
  - Efecto en multíparas

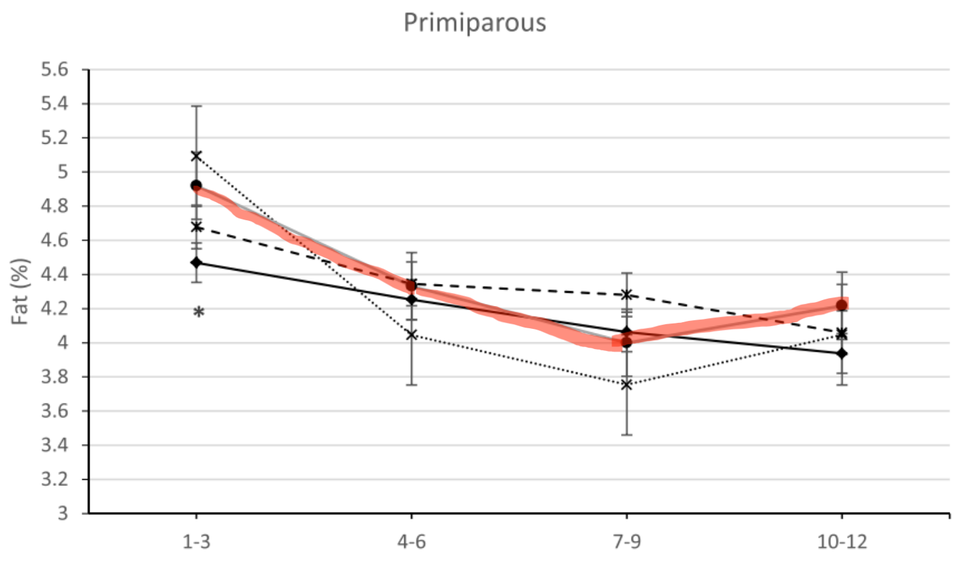
Meléndez et al. (2023)

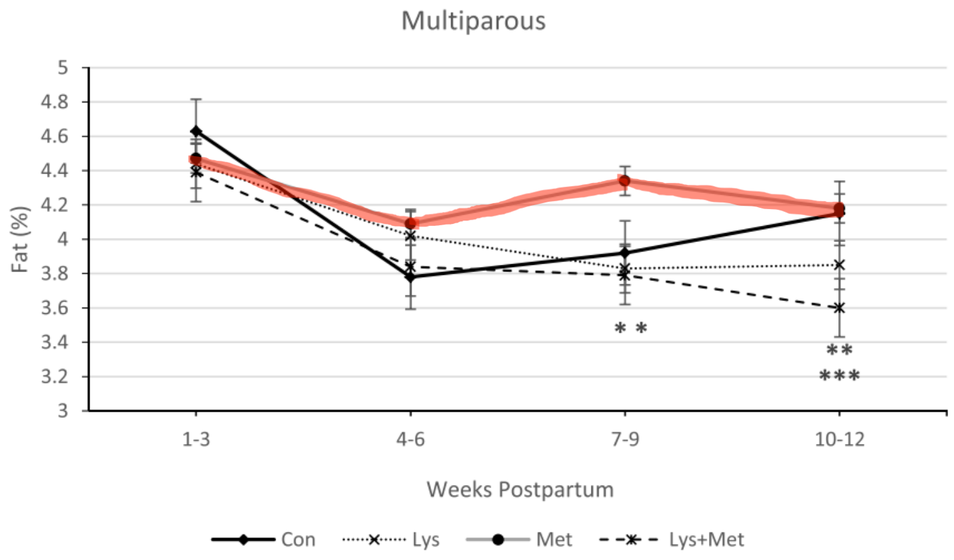
GRASA



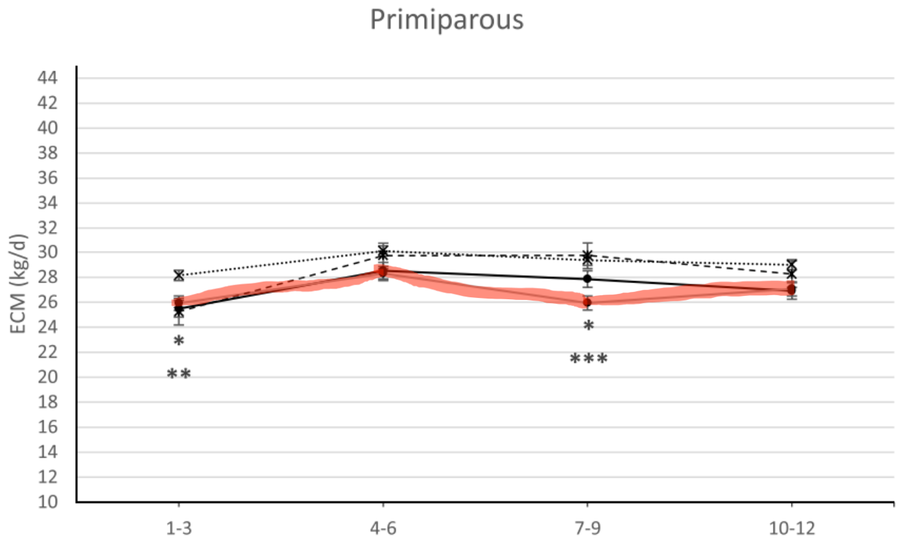
Meléndez et al. (2023)

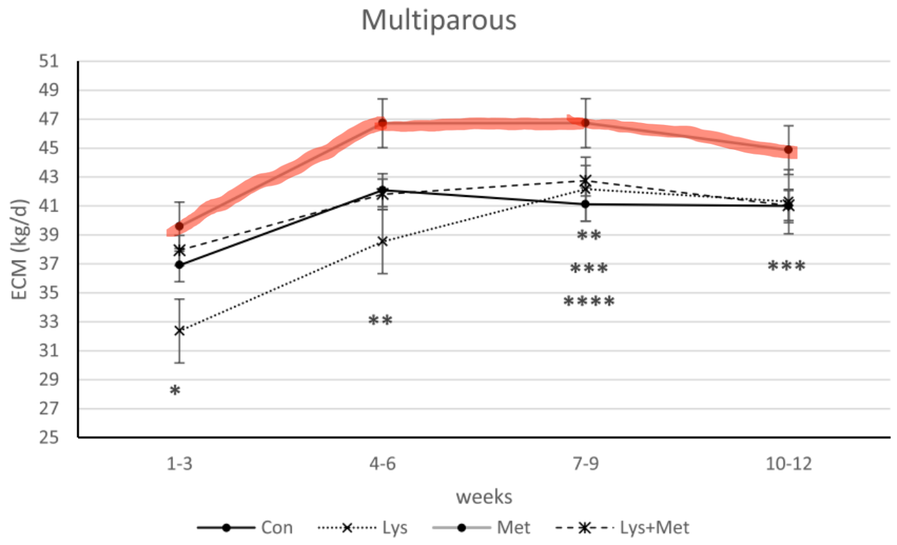
GRASA





LECHE 4%





Consideraciones finales

- Conocimiento del fraccionamiento proteico de los forrajes y materias primas es indispensable para adecuada nutrición en ganado lechero
  - Diferencias en fraccionamiento asociadas a tipo de forraje y % PC
- Debemos maximizar producción de proteína microbial en rumen debido a la alta calidad y el bajo costo de esta proteína
- Estrategias de suplementación de PDR o PNDR deben buscar un adecuado acoplamiento de sustratos al menor costo posible

Jose A. Arce Cordero, Ph.D.

jose.arcecordero@ucr.ac.cr

EZ Escuela de Zootecnia

CINA
Centro de Investigación en Nutrición Animal

CÁMARA NACIONAL DE PRODUCTORES DE LECHE
COSTA RICA

29° Congreso Nacional LECHERO
16 - 17 Octubre 2024 - Hotel Wyndham Herradura

Su opinión
es muy valiosa para nosotros

Llene una breve encuesta y quede participando en la rifa de un obsequio de nuestros patrocinadores

Escanee el código QR

29º Congreso Nacional LECHERO

CÁMARA NACIONAL DE PRODUCTORES DE LECHE
COSTA RICA

16 - 17 octubre 2024 - Hotel Wyndham Herradura