



# **Estrategias Para la Optimización de la Fermentación Ruminal: Aspectos Nutricionales**

**S. Calsamiglia**

*Dpt. Ciència Animal i dels Aliments  
Universitat Autònoma de Barcelona*

*08193-Bellaterra*

*Sergio.Calsamiglia@uab.es*

# Definir la Optimización Funcional del Rumen



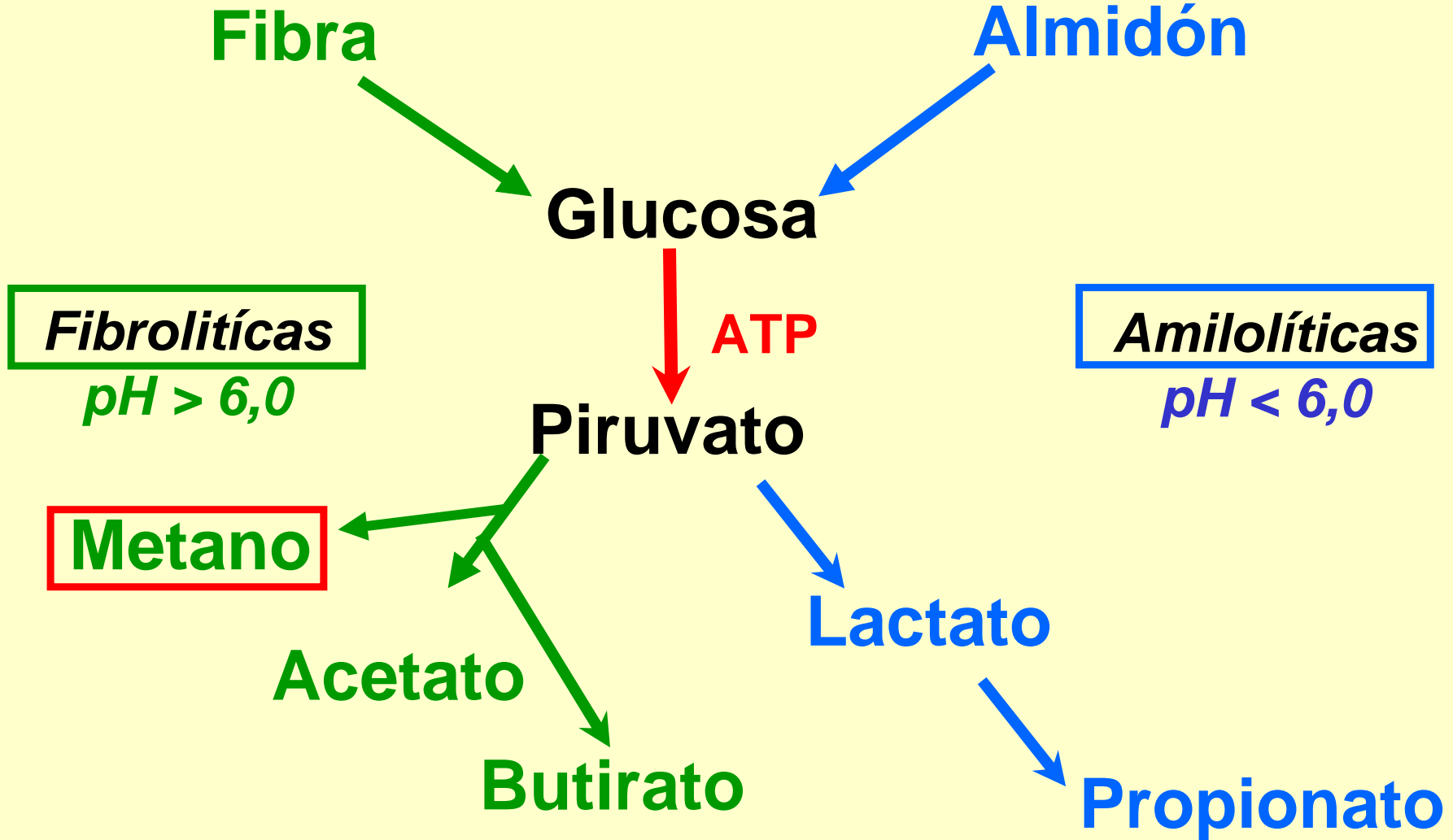
- El aporte máximo de nutrientes al intestino delgado:
  - Energía
  - Proteína
- Dicho aporte depende de la ingestión total y su grado de utilización (fermentación y digestión) en el tracto digestivo

# Aporte de Energía

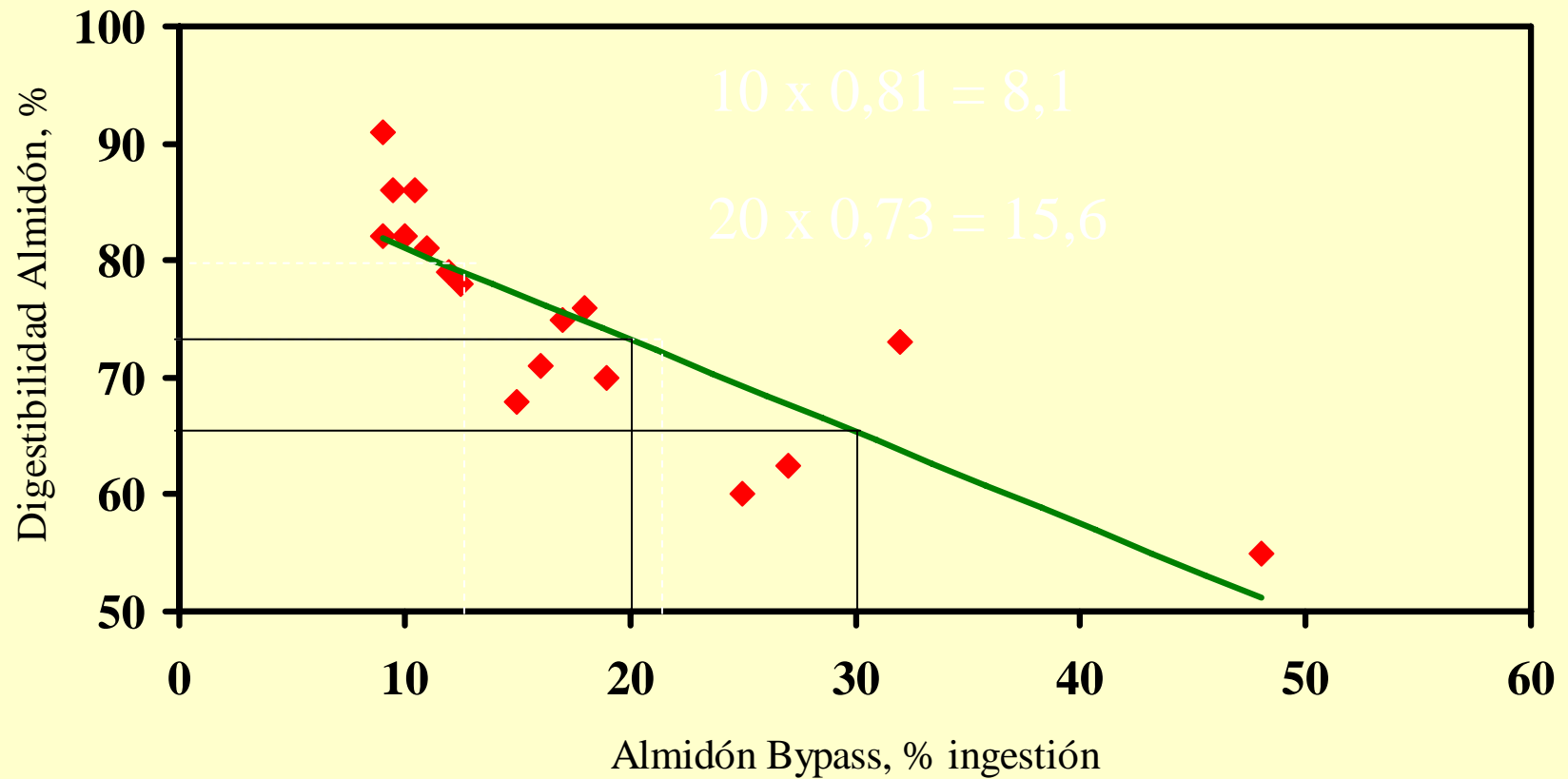


- Aporte máximo de energía (cereales)
  - La fermentación ruminal reduce el aporte energético en un 10-20% respecto al “byass” del cereal

# Degradación de carbohidratos

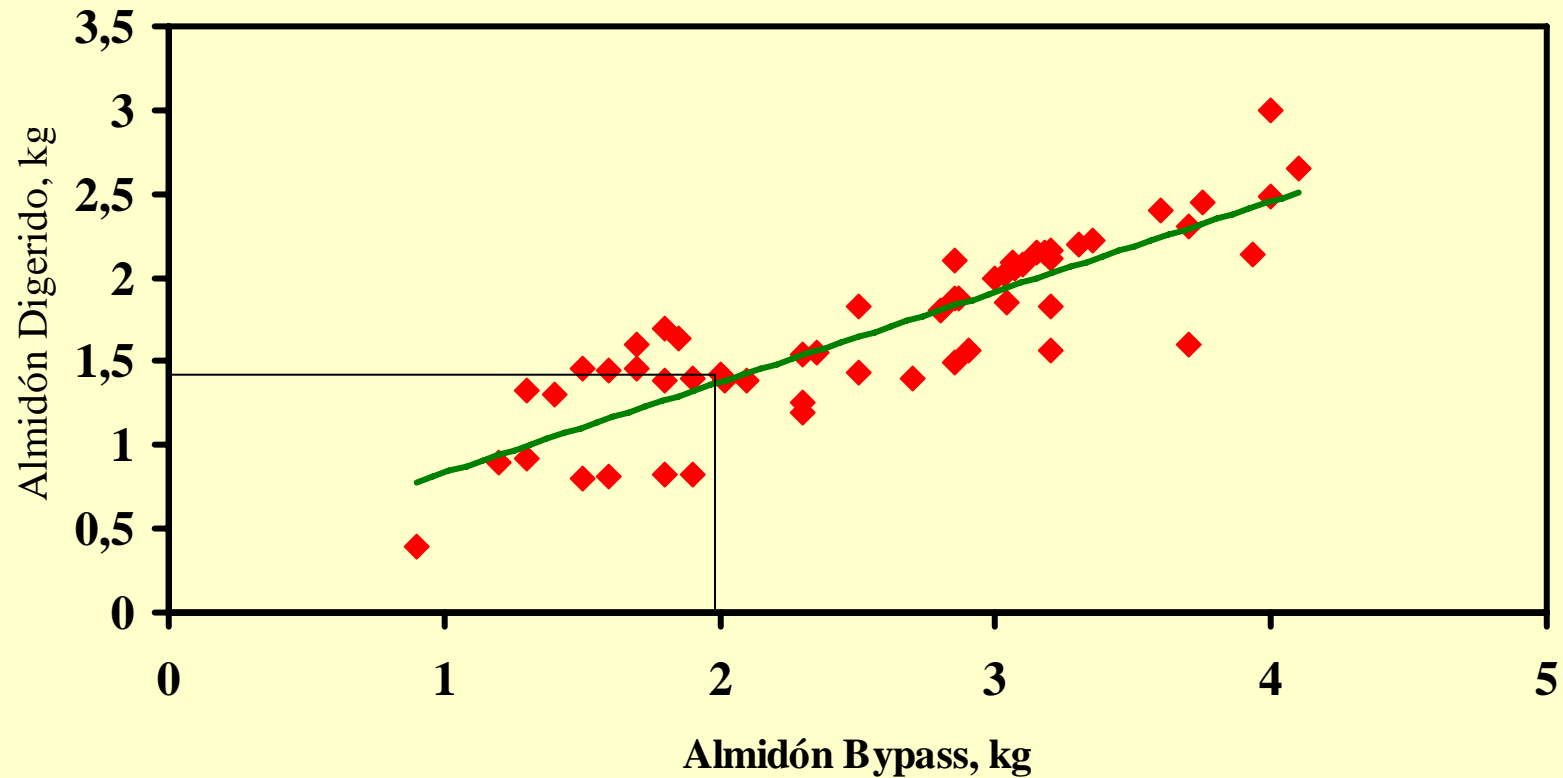


# El Aumento de Almidón Bypass Reduce su Digestibilidad Intestinal



(Nocek y Tamminga, 1991)

# Pero la Cantidad de Almidón Digerido en el Intestino Aumenta



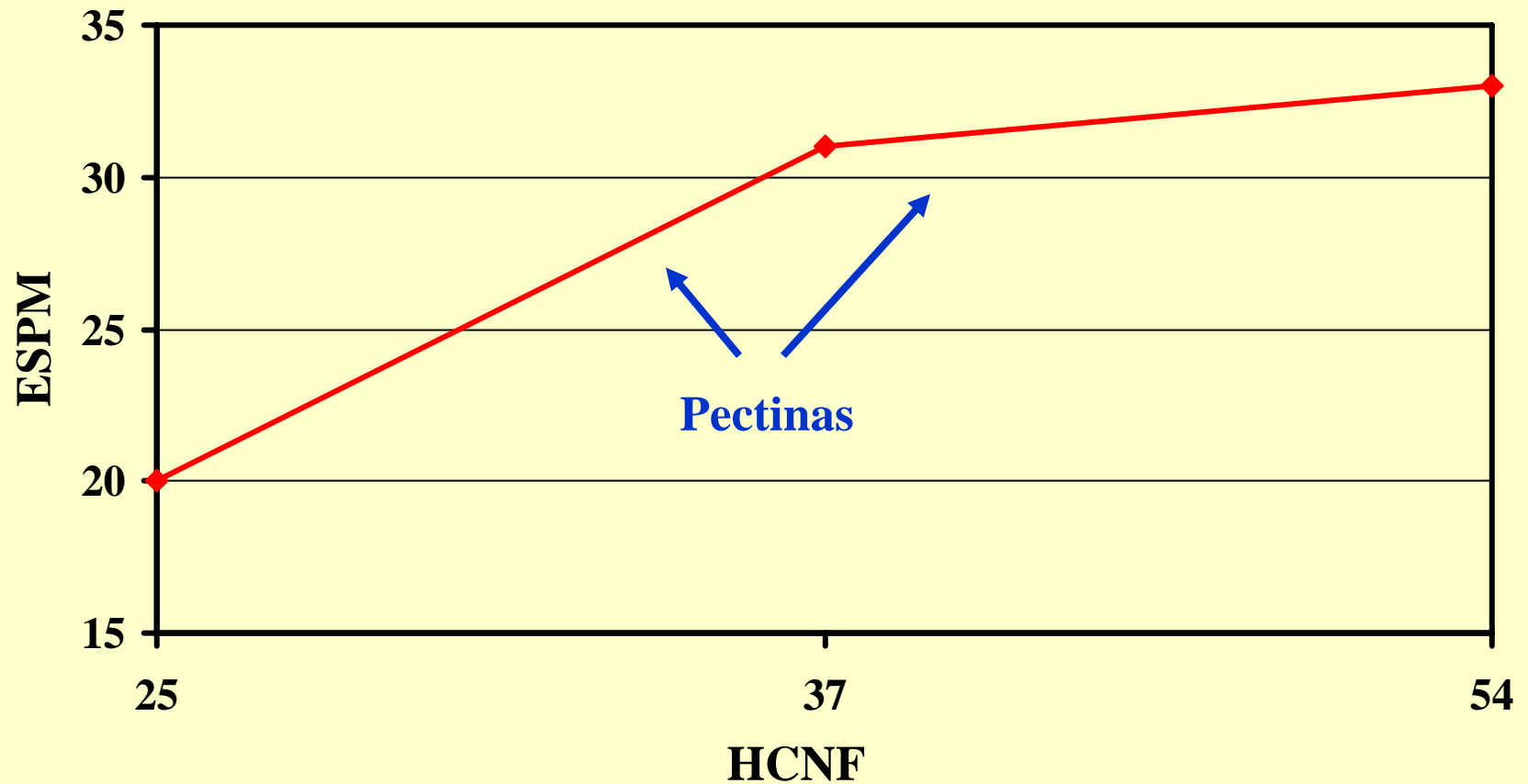
(Nocek y Tamminga, 1991)

# Aporte de Energía



- Aporte máximo de energía (cereales)
  - La fermentación ruminal reduce el aporte energético en un 10-20% respecto al “byass” del cereal
  - Limitar la energía ruminal limita la síntesis de proteína microbiana

# HCNF y Eficacia de Síntesis de Proteína Microbiana



Hoover & Stokes, 1991



# Implicaciones de la ESPM sobre las Necesidades de Proteína



---

	Contribución teórica según producción (kg/d)		
ESPM	25	35	45
20	49	42	39
30	73	64	59
40	98	85	79

---

Stern, 1988

# Aporte de Energía



- Aporte máximo de energía (cereales)
  - La fermentación ruminal reduce el aporte energético en un 10-20% respecto al “byass” del cereal
  - Limitar la energía ruminal limita la síntesis de proteína microbiana
  - El exceso de energía fermentable (almidón) puede conducir a la acidosis

# Producción de Acido

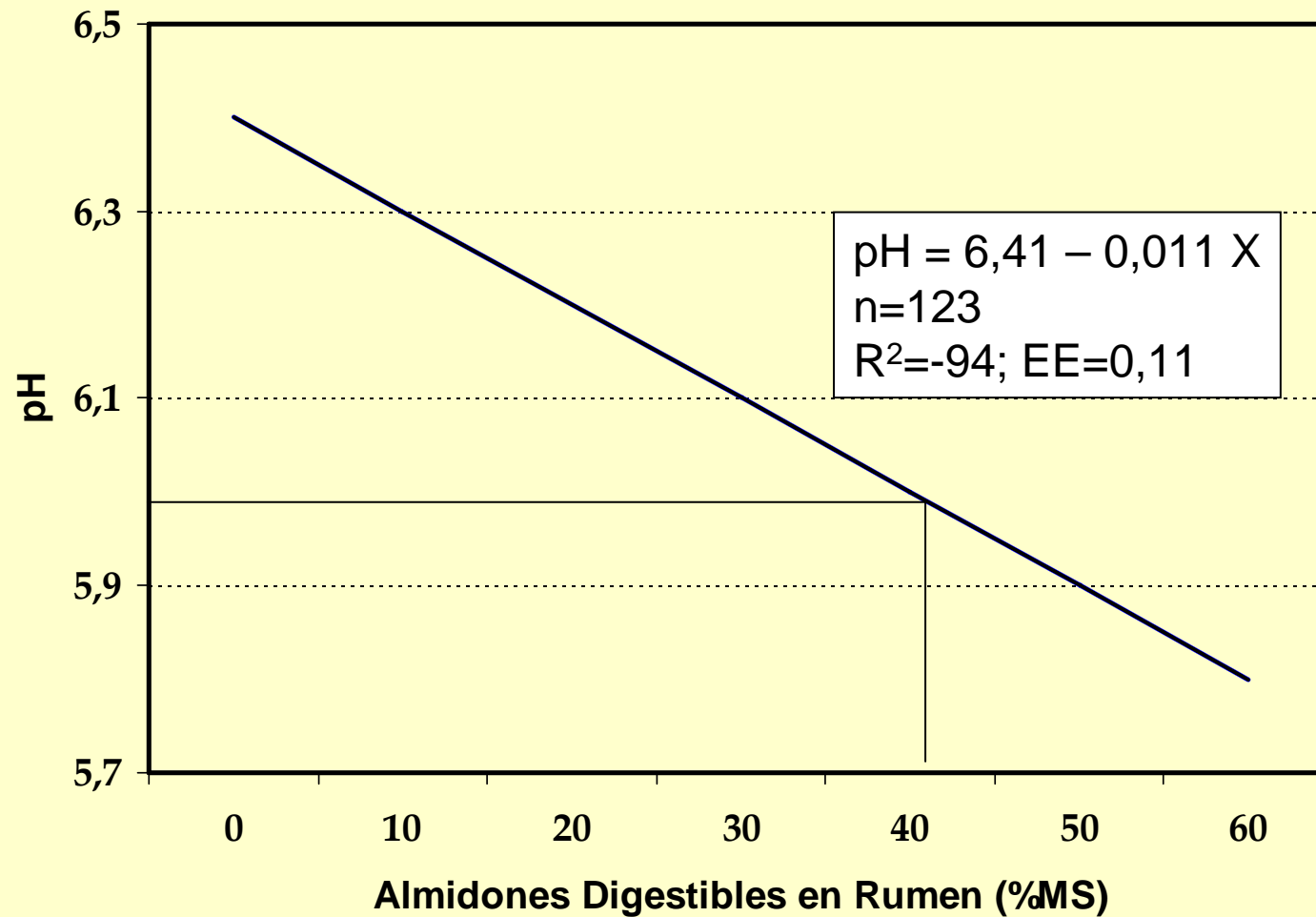


- Depende de la cantidad de CNF (cereales)
- Depende del tipo de cereal: A mayor la velocidad de degradación, mayor el riesgo de acidosis:

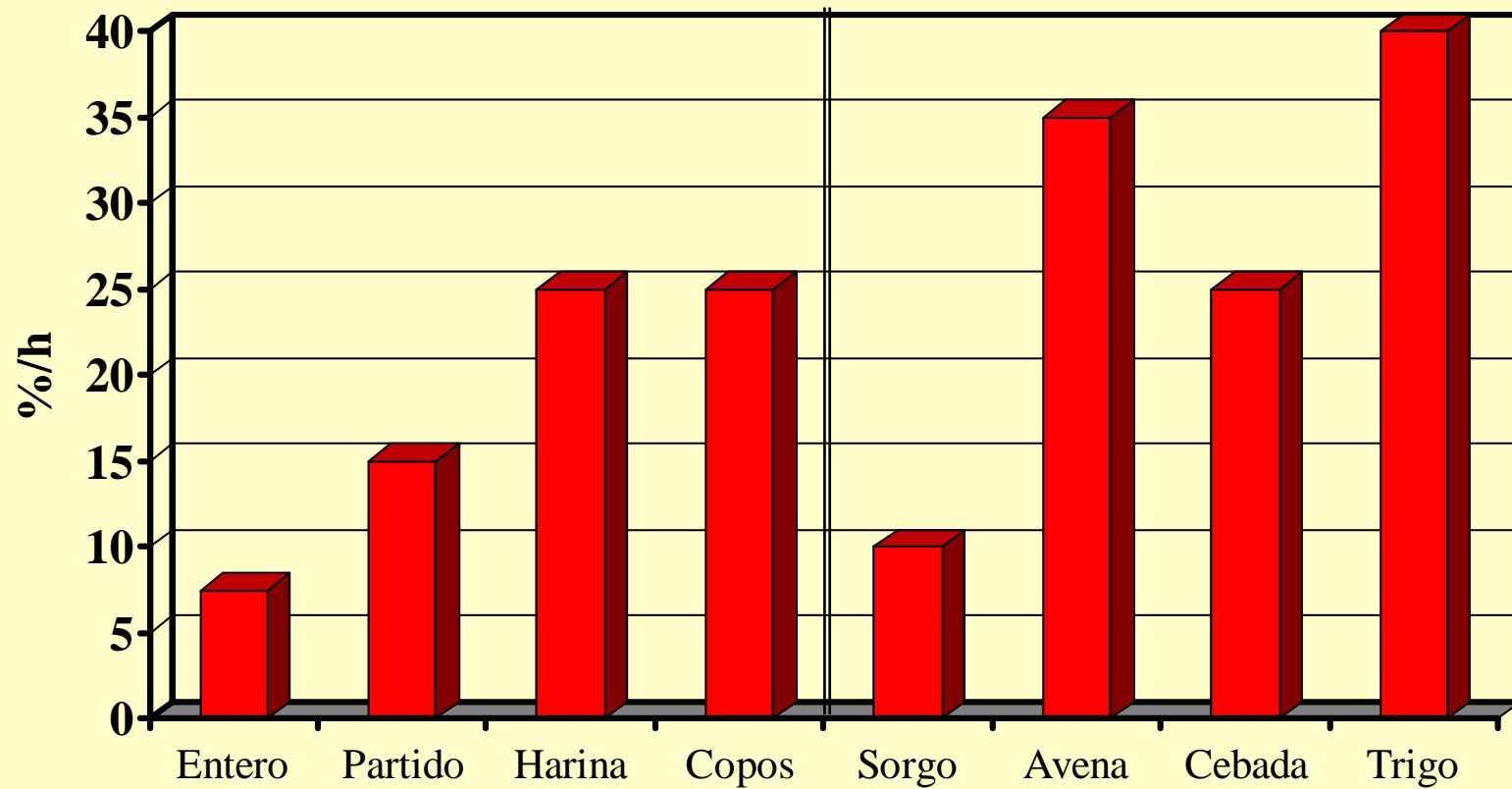
Sorgo < Maiz < Cebada < Trigo

- Depende del procesado: a mayor el procesado, mayor riesgo de acidosis

# Ingestión de Almidón y pH



# Velocidad de Degradación (Almidones)



Maíz

# Nivel de Almidones



- En base a la eficiencia energética, la ración ideal podría formularse con niveles de almidón elevados (45-50%) y con un porcentaje elevado de “bypass”
- El factor limitante será la capacidad de mantener el pH a niveles “seguros”

# Aporte de Energía

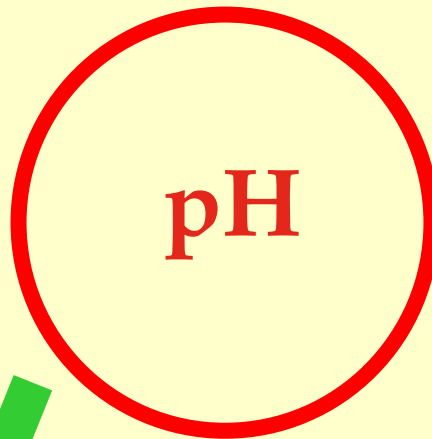
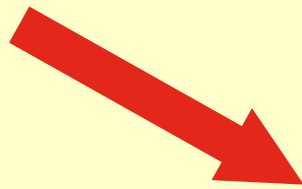


- Aporte máximo de energía (cereales)
  - La fermentación ruminal reduce el aporte energético en un 10-20% respecto al “byass” del cereal
- Aporte máximo de energía (forrajes)
  - Los forrajes, a pesar de su menor contenido energético, son esenciales para el control del pH ruminal
  - Su digestibilidad es factor determinante para incrementar el valor energético de la ración

# Control del pH



Acido



Paso



Absorción



Neutralización



- Saliva
- Tampones (200-250 g Bic
- Alcalinizantes (50-60 g M



# Análisis Cuantitativo de la Eliminación de H<sup>+</sup> del Medio Ruminal



Vía de eliminación	Cantidad (meq/d)	Contribución porcentual (%)
AGV absorbidos	39168	52,9
Sistema carbonato	20752	28,0
Sistema fosfato	6599	8,9
Sistema amoníaco	1537	2,1
Flujo AGV	2316	3,1
Flujo en partículas	1000	1,4
Total	71372	96,4

Adaptado de Allen (1997)

# Análisis Cuantitativo del Balance de H<sup>+</sup> del Medio Ruminal



	Dietas			
	Dieta A	Dieta B	Dieta C	Dieta D
Degradabilidad MO, %	50	60	50	50
Tamaño partícula <sup>1</sup>	2	2	1	2
FND-f, % MS	20	20	20	24
Tiempo masticación, min/d	622	622	462	659
Rumina, min/d	388	388	288	402
Ingestión, min/d	234	234	174	257
Flujo de saliva, L/d	269	269	256	271
Tampón saliva, meq/d	40.888	40.888	38.912	41.192
Producción ácido, meq/d	74.519	89.423	74.519	74.519

<sup>1</sup> Tamaño de partícula: 1 = pequeño; 2 = Mediano.

Adaptado de Allen (1997)

# Recomendaciones NRC 2001



---

Min. FND-f	Min. NDF	Max. HCNF	Min ADF
19	25	44	17
18	27	42	18
17	29	40	19
16	31	38	20
15	33	36	21

---

# Factores que Afectan a las Recomendaciones de Fibra

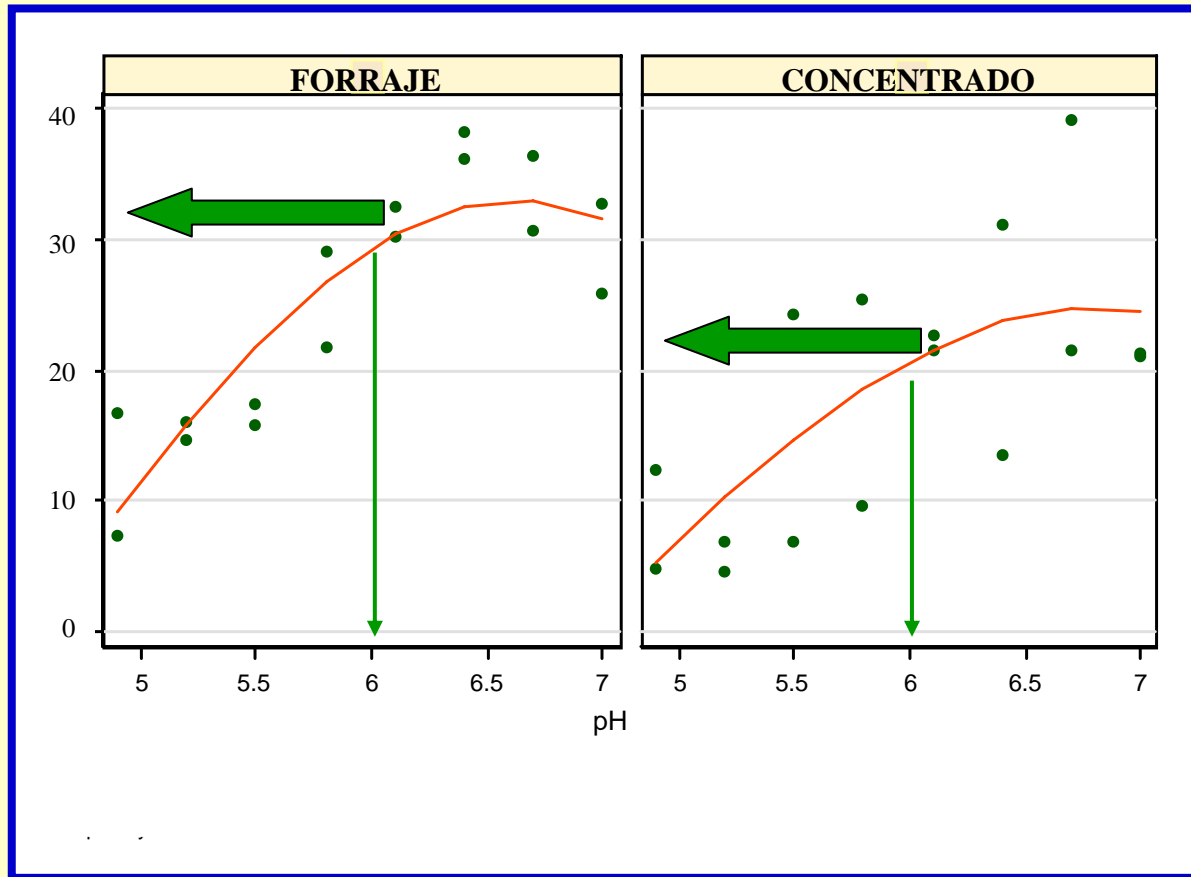


---

Factor	Efecto Sobre Recomendaciones
Aumento HCNF	Aumenta
Aumento fermentabilidad HCNF	Aumenta
Pienso y forraje separado	Aumenta
Tipo de fibra	Variable
Disminución tamaño partícula	Aumenta
Aumento frecuencia alimentación	Disminuye
Aumento sustancias tampón	Disminuye

---

# Efecto del pH y tipo de dieta sobre la DFND ( %)



$$\underline{\underline{DFND}} = 24,2$$

$$+ 19,1 \text{ pH}$$

$$- 5,7 \text{ pH}^2$$

$$- 10,7 \text{ pH}^3$$

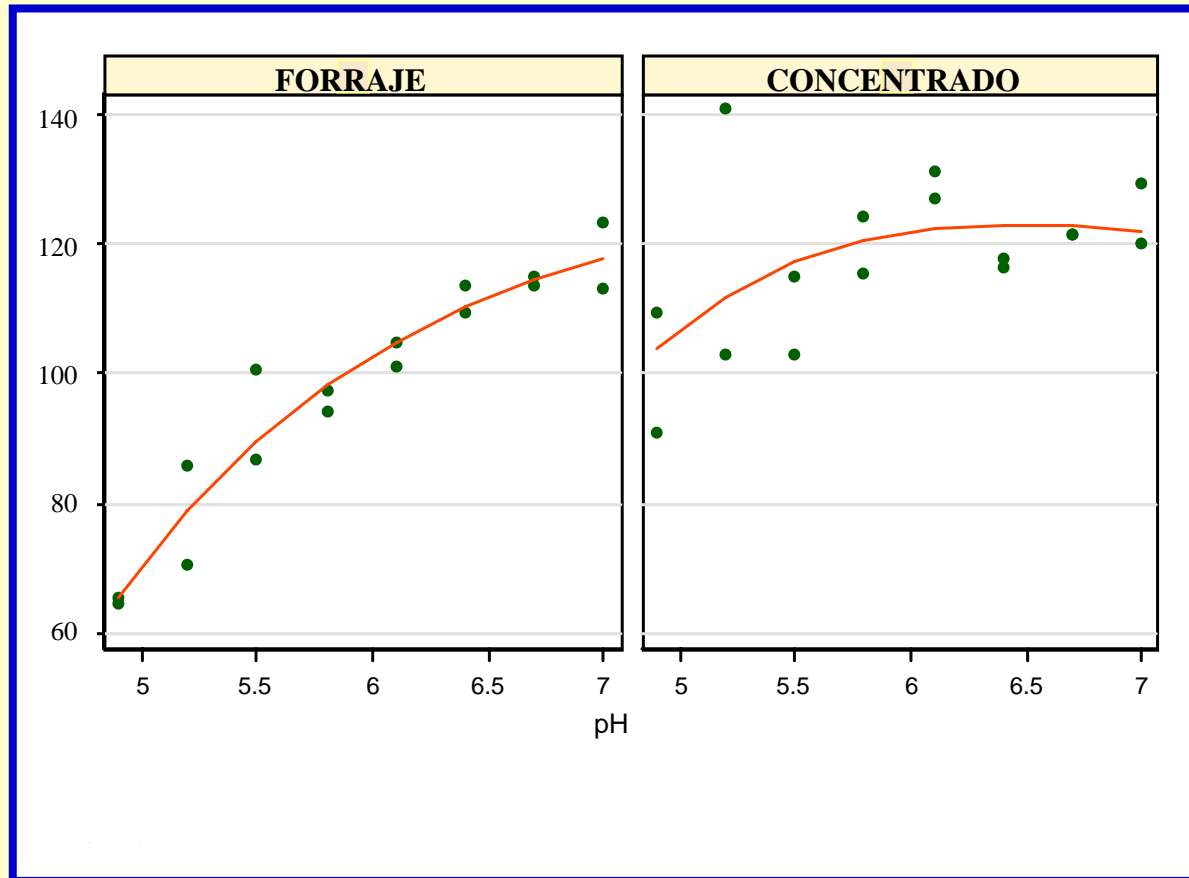
$$pR^2 = 0,11$$

$$pR^2 = 0,11$$

$$pR^2 = 0,04$$

$$R^2 = 0,60$$

# Efecto del pH y el tipo de dieta sobre los AGV totales (mM)



$$\underline{\text{AGVT}} = 80,8$$

$$+ 24,3 \text{ pH}$$

$$- 7,89 \text{ pH}^2$$

$$+ 20,4 \text{ D}$$

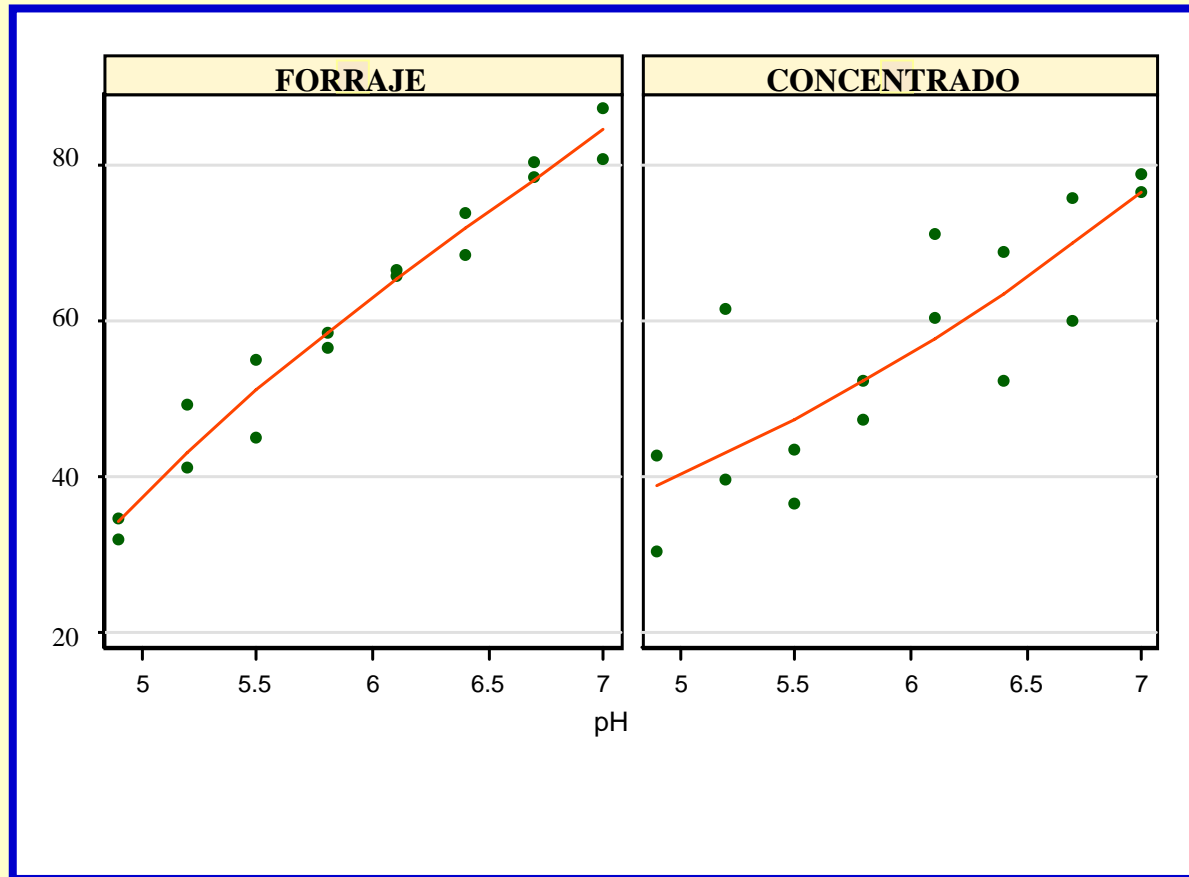
$$\mathbf{R^2 = 0,81}$$

$$\text{pR}^2 = 0,37$$

$$\text{pR}^2 = 0,03$$

$$\text{pR}^2 = 0,32$$

# Efecto del pH y el tipo de dieta sobre el acetato (mM)

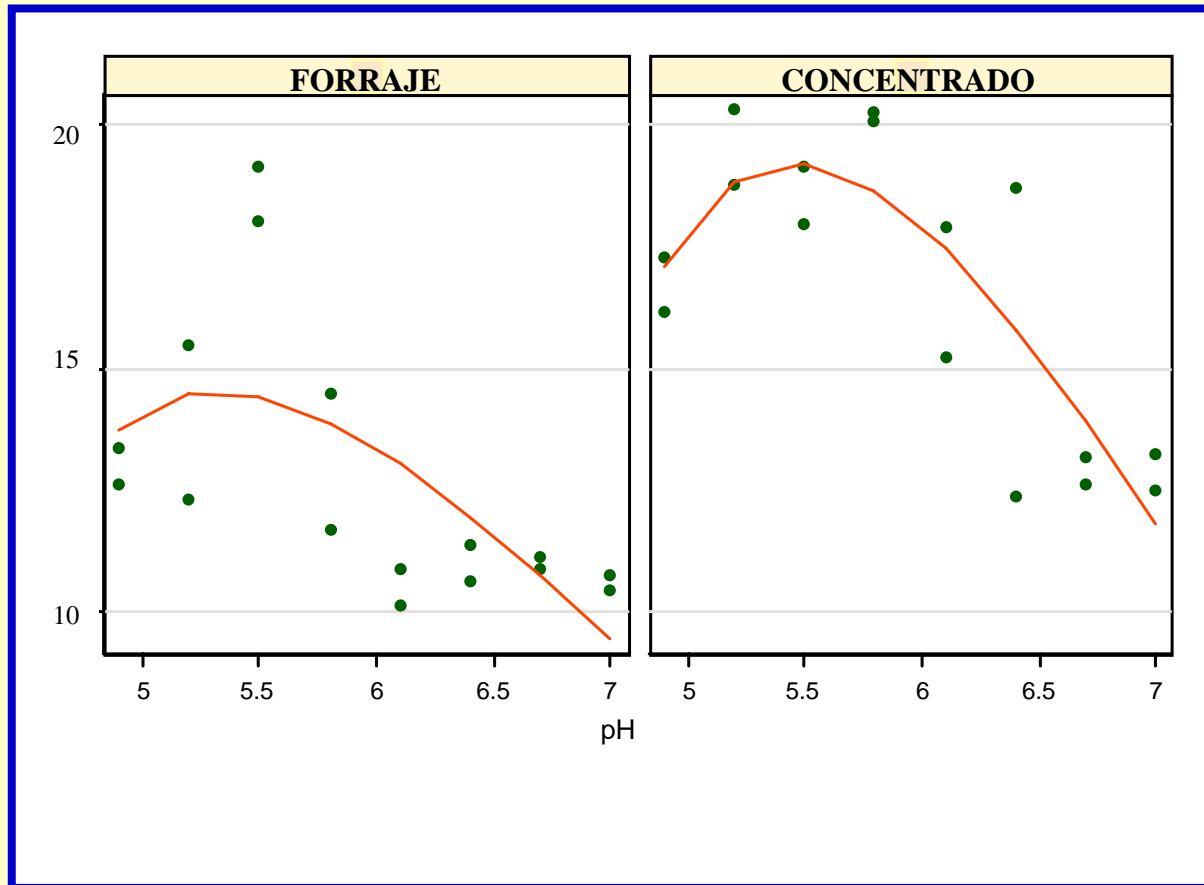


Acetato =  
65,5  
+ 23,7 pH  
- 4.7 D

$pR^2 = 0,81$   
 $pR^2 = 0.02$

$R^2 = 0,84$

# Efecto del pH y el tipo de dieta sobre el propionato (mM)



Propionato =  
9,8

- 6,34 pH

$pR^2 = 0,23$

- 2,10 pH<sup>2</sup>

$pR^2 = 0,07$

+ 4,54 pH<sup>3</sup>

$pR^2 = 0,10$

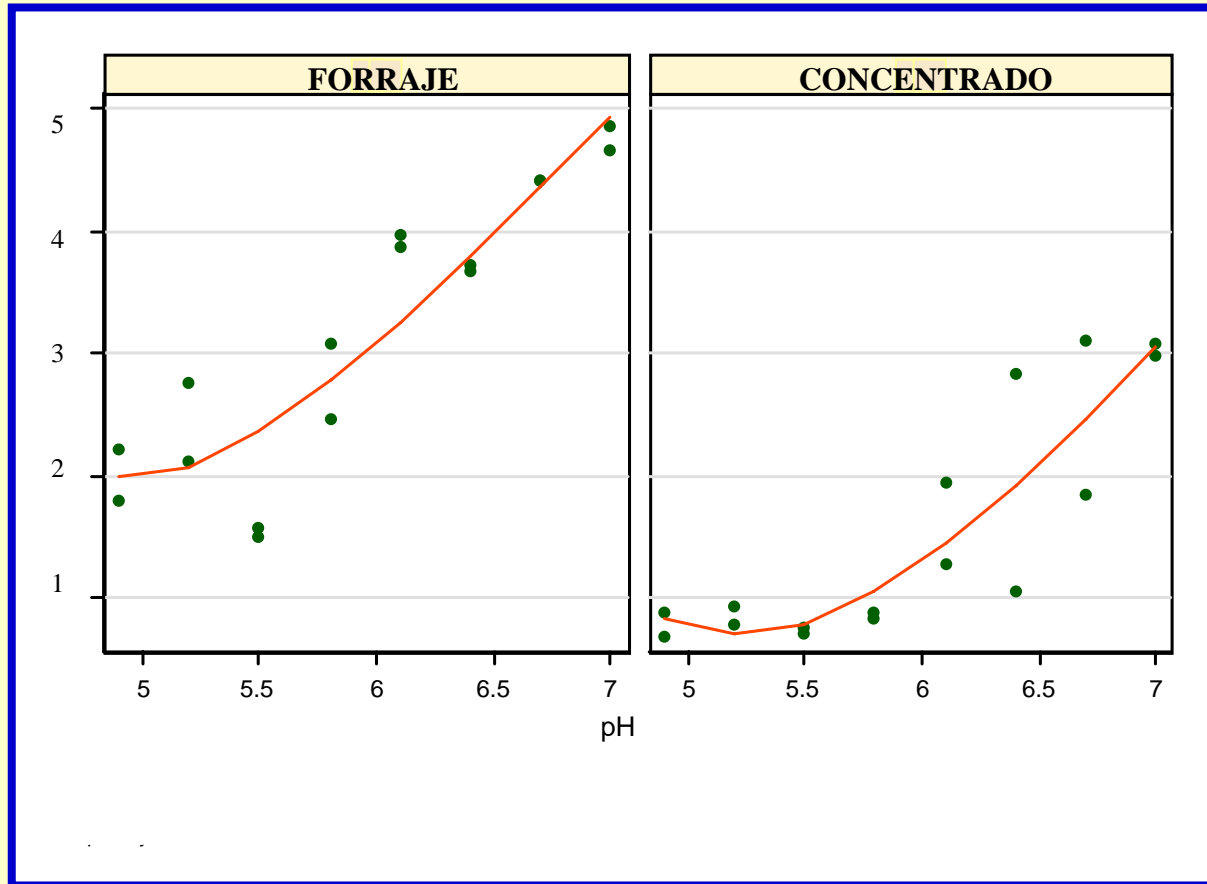
+ 3,90 D

$pR^2 = 0,34$

$R^2 = 0,76$



# Efecto del pH y el tipo de dieta sobre la relación acetato:propionato



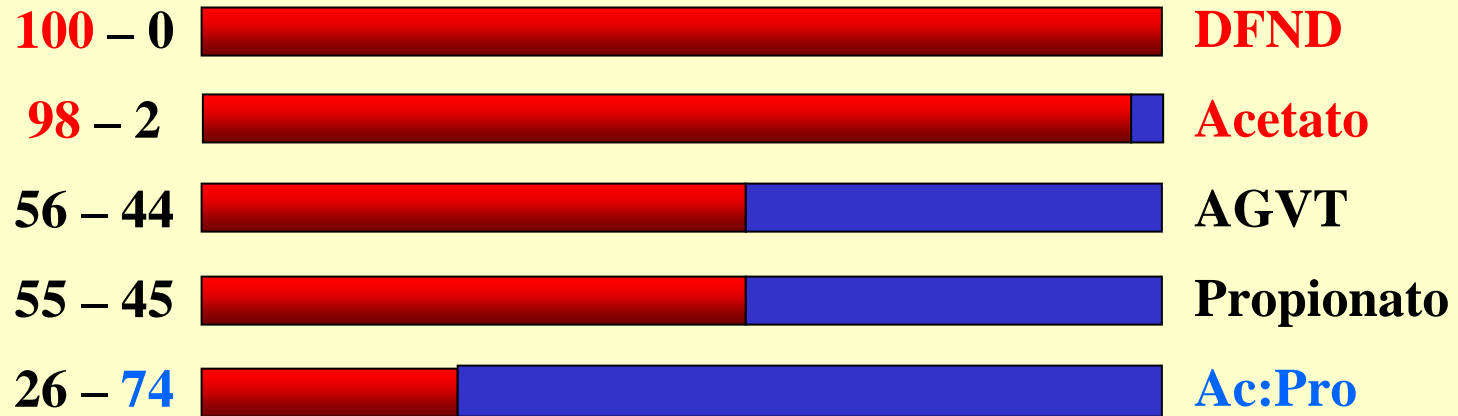
Ac:Pr =  
4,61

+ 1,93 pH  
- 0,49 pH<sup>2</sup>  
- 1,66 D

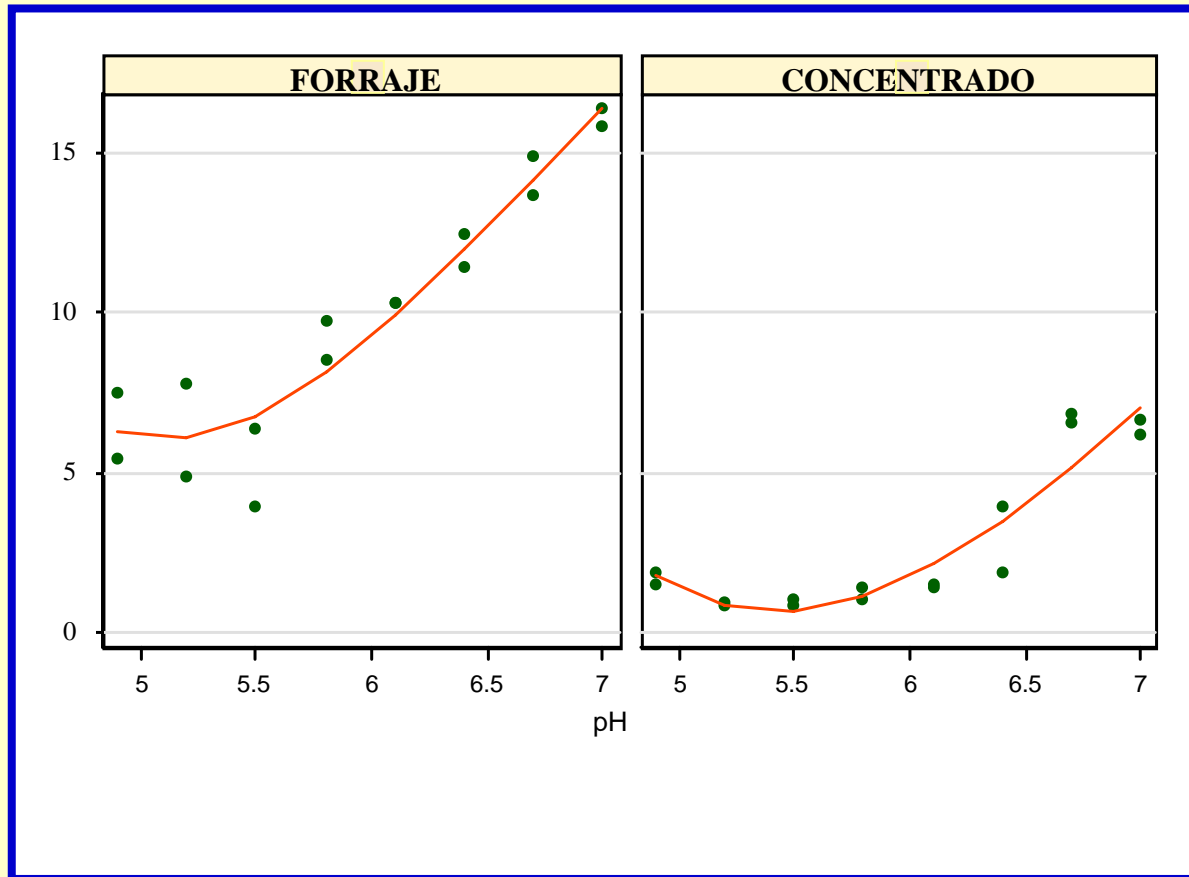
pR<sup>2</sup> = 0,12  
pR<sup>2</sup> = 0,02  
pR<sup>2</sup> = 0,40

R<sup>2</sup> = 0.89

# Contribución del pH



# Efecto del pH y tipo de dieta sobre el N amoniacal (mg N/d)



N Amoniacal =

16,5

+ 6,9 pH

$pR^2 = 0,11$

+ 1,98 pH<sup>2</sup>

$pR^2 = 0,04$

- 2,14 pH<sup>3</sup>

$pR^2 = 0,01$

- 7,47 D

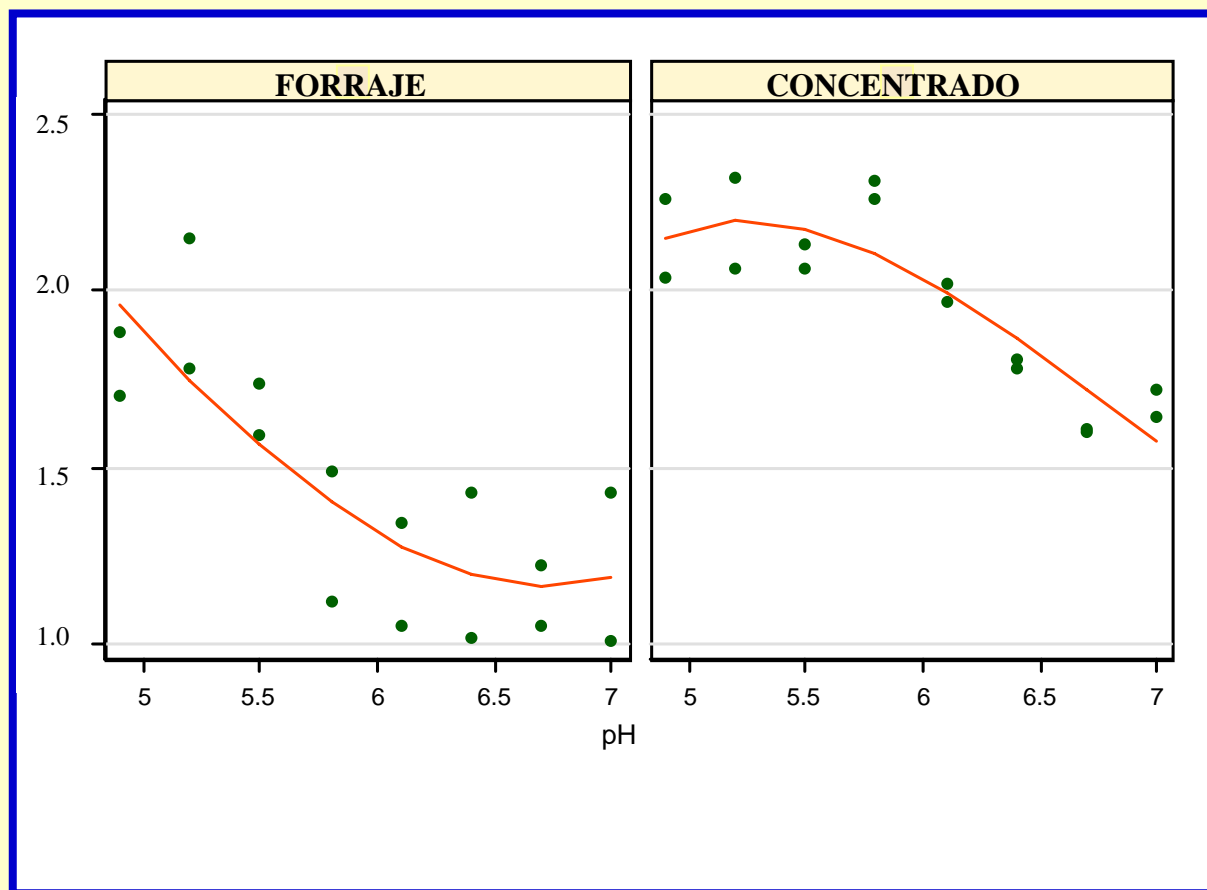
$pR^2 = 0,57$

- 3,34 (pHxD)

$pR^2 = 0,03$

$R^2 = 0,96$

# Efecto del pH y tipo de dieta sobre el flujo de N dietario (g/d)



g N Dietario =  
**0,90**

**- 0,58 pH**

**+ 0,29 pH<sup>3</sup>**

**+ 0,54 D**

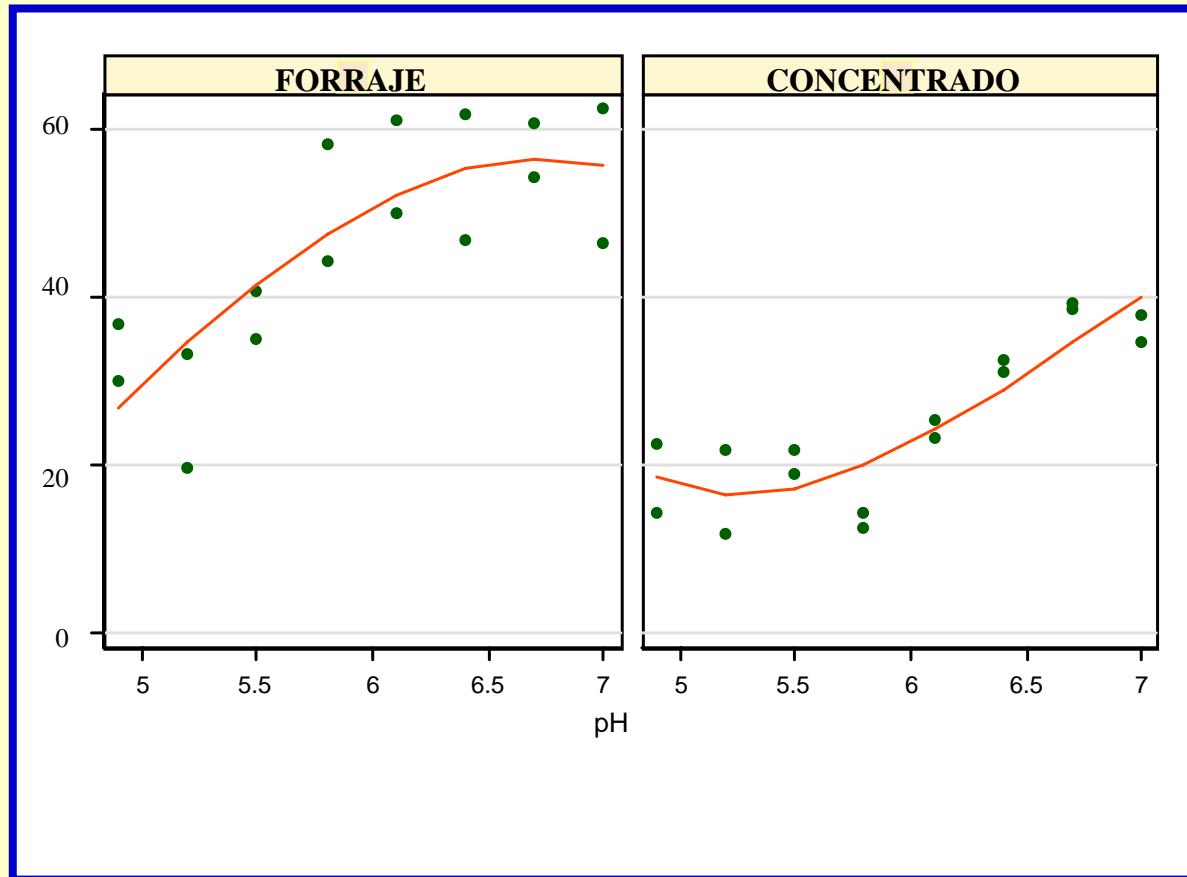
**pR<sup>2</sup> = 0,14**

**pR<sup>2</sup> = 0,03**

**pR<sup>2</sup> = 0,45**

**R<sup>2</sup> = 0,82**

# Efecto del pH y tipo de dieta sobre la degradación de la PB (%)



**Deg. PB =**  
**77,4**

**+ 24,5 pH**

**- 7,3 pH<sup>2</sup>**

**- 12,4 pH<sup>3</sup>**

**- 27,6 D**

**+ 13,5 (pH<sup>2</sup>xD)**

**pR<sup>2</sup> = 0,13**

**pR<sup>2</sup> = 0,02**

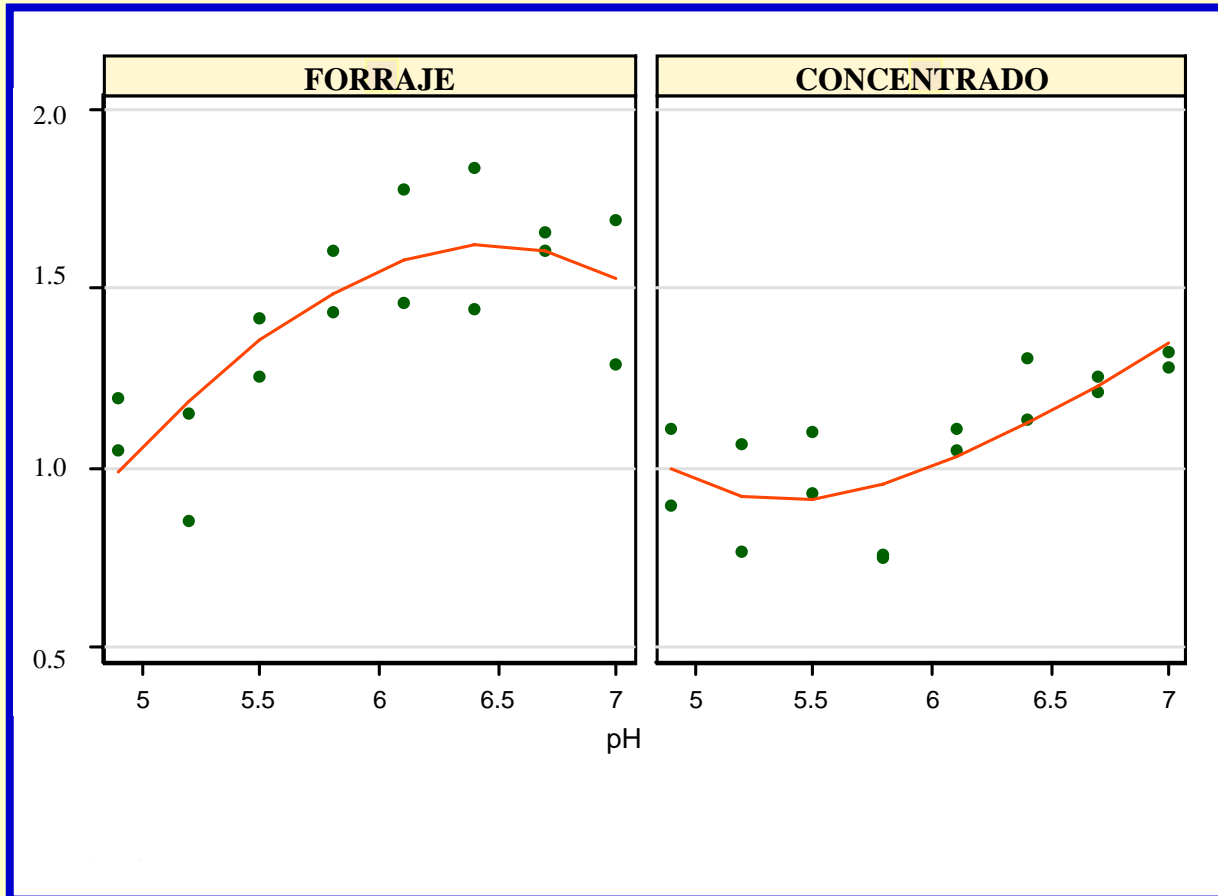
**pR<sup>2</sup> = 0,03**

**pR<sup>2</sup> = 0,35**

**pR<sup>2</sup> = 0,03**

**R<sup>2</sup> = 0,86**

# Efecto del pH y tipo de dieta sobre el flujo de N bacteriano (gN/d)



g N Bacteriano =

2,08

+ 0,41 pH

pR<sup>2</sup> = 0,14

- 0,24 pH<sup>2</sup>

pR<sup>2</sup> = 0,06

- 0,23 pH<sup>3</sup>

pR<sup>2</sup> = 0,03

- 0,55 D

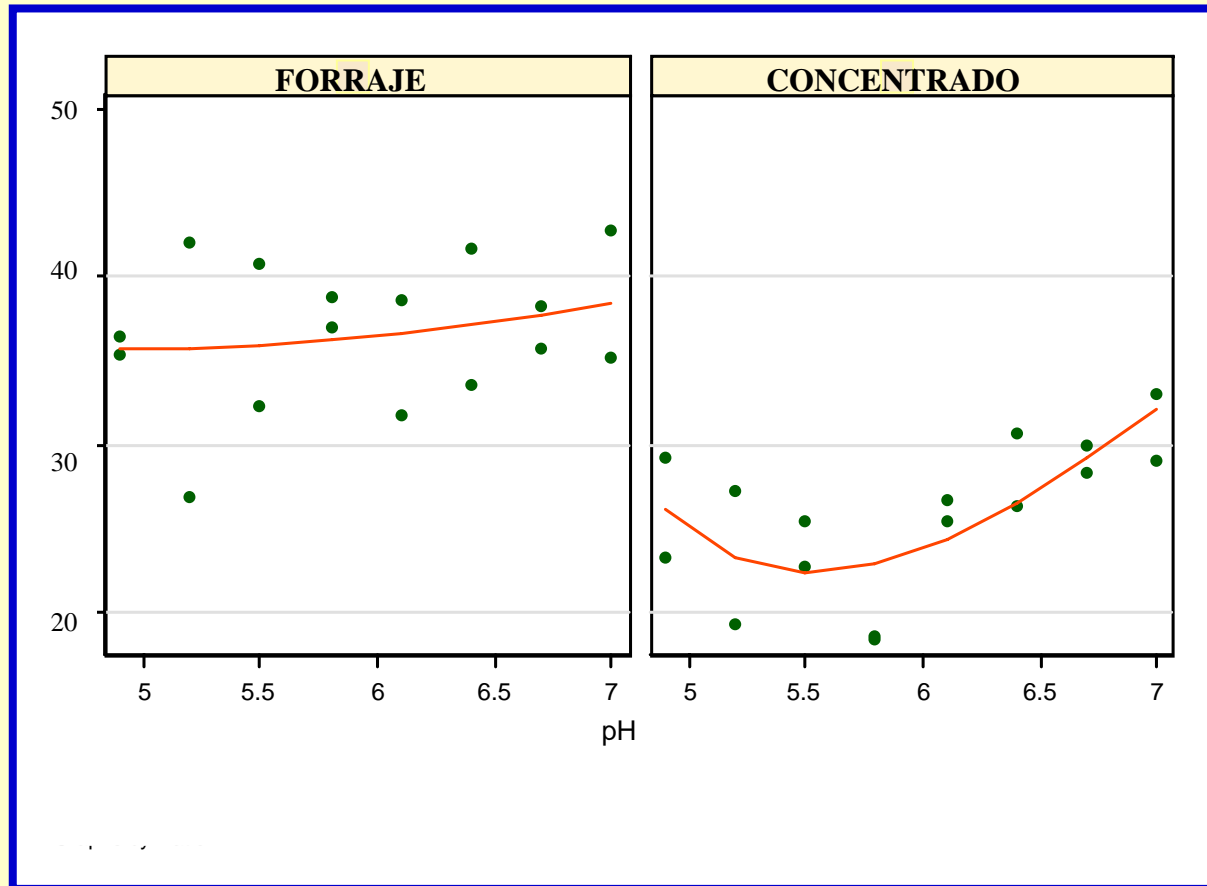
pR<sup>2</sup> = 0,38

+ 0,40 (pH<sup>2</sup>xD)

pR<sup>2</sup> = 0,08

R<sup>2</sup> = 0,77

# Efecto del pH y el tipo de dieta sobre la ESPM (g bact. N/kg DVMO)



**ESPM =**

**46,3**

**+ 2,34 pH**

**pR<sup>2</sup> = 0,06**

**+ 2,68 pH<sup>2</sup>**

**pR<sup>2</sup> = 0,03**

**- 9,68 pH<sup>3</sup>**

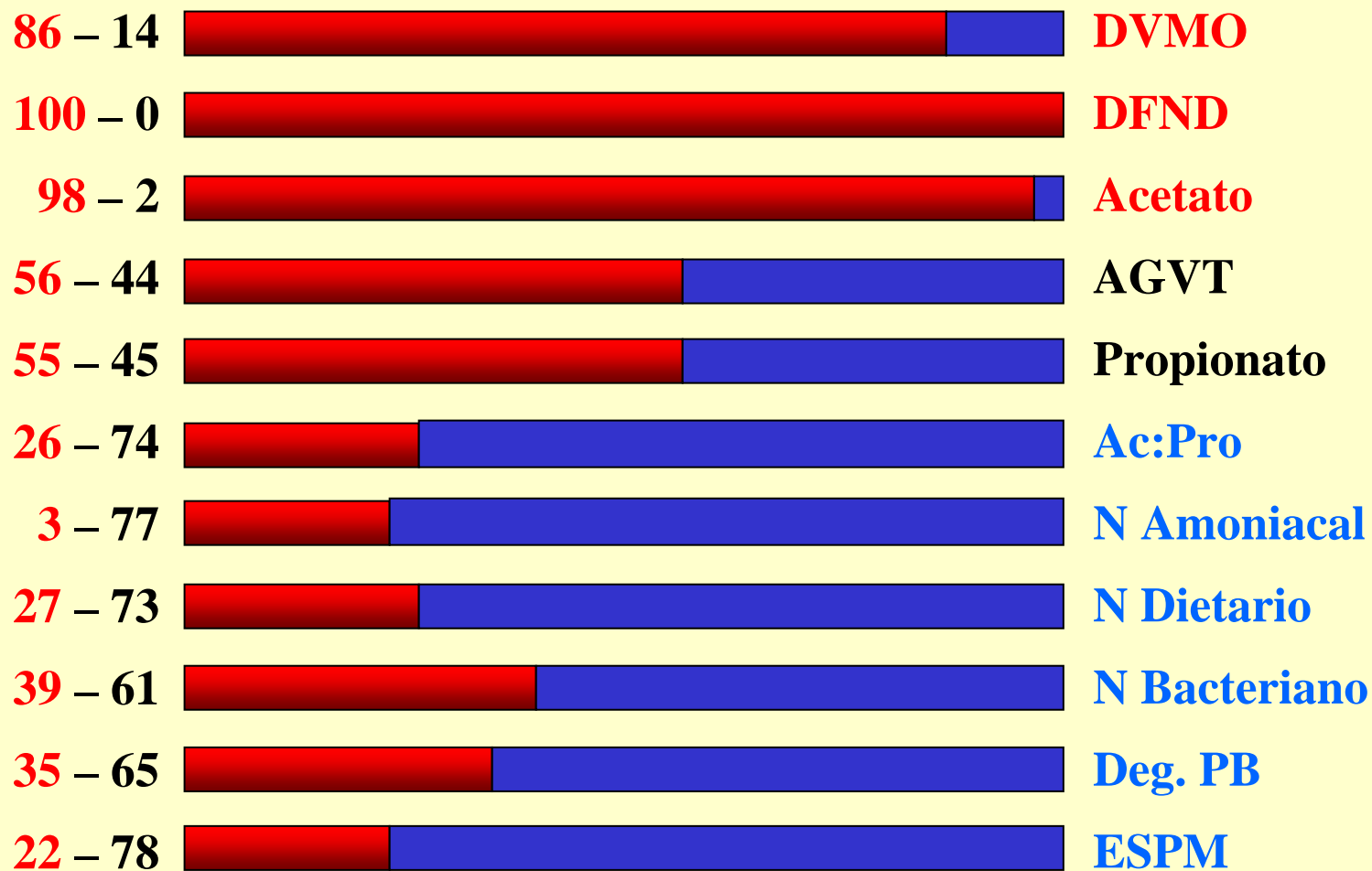
**pR<sup>2</sup> = 0,09**

**- 10,9 D**

**pR<sup>2</sup> = 0,63**

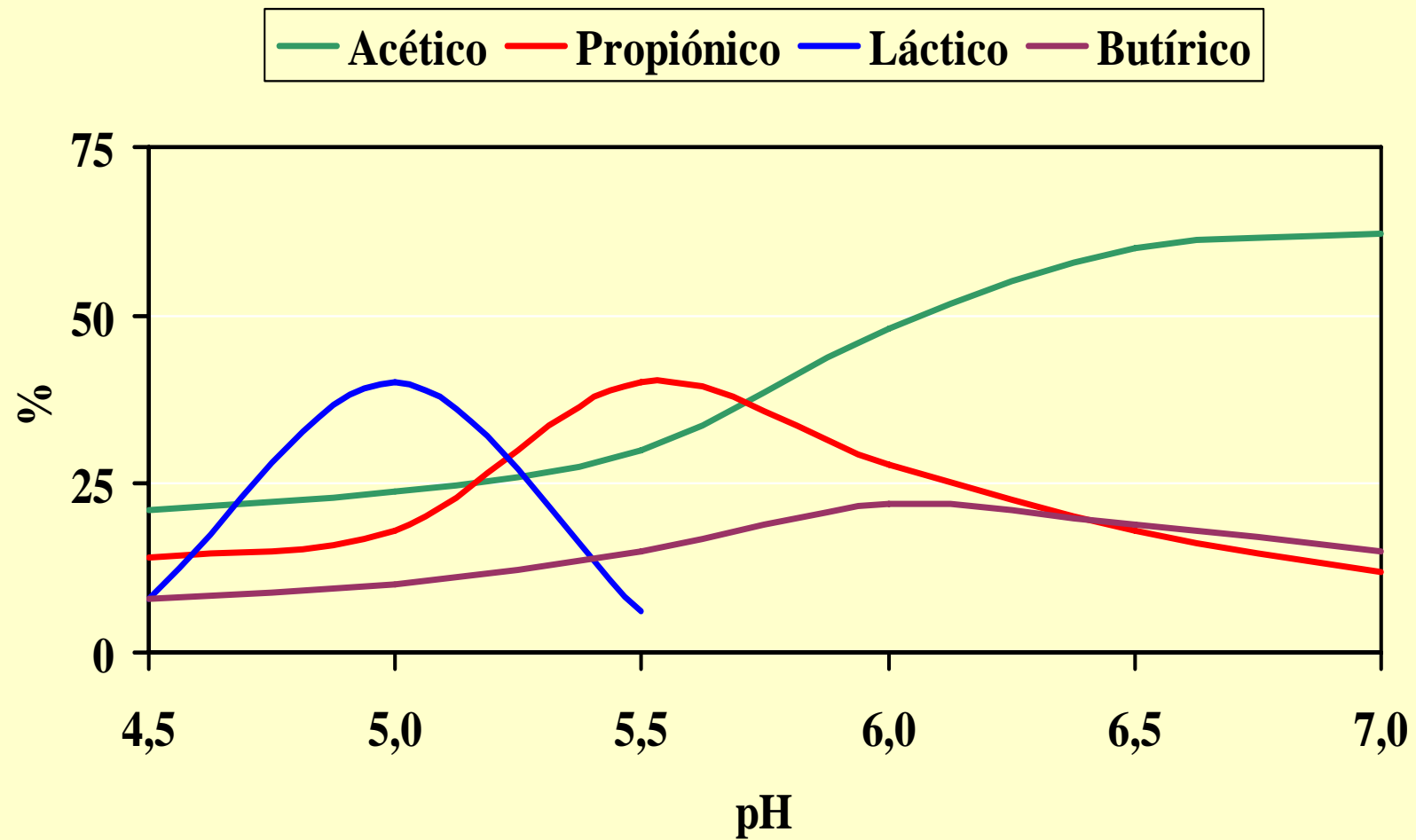
**R<sup>2</sup> = 0,71**

# Contribución del pH





# Acidosis



Dirksen, (1969)

# Resumen del Efecto del pH



- Reduce la degradación de la FND y de la producción de acetato
- Si desciende demasiado, puede favorecer el aumento de la concentración de láctico
- Reduce de la degradación de la proteína y del almidón, lo que puede tener efectos positivos para la eficiencia de utilización de nutrientes
- Desvía la fermentación hacia una menor relación acetato:propionato, lo que resulta más eficiente

# Control de la “Acidosis”



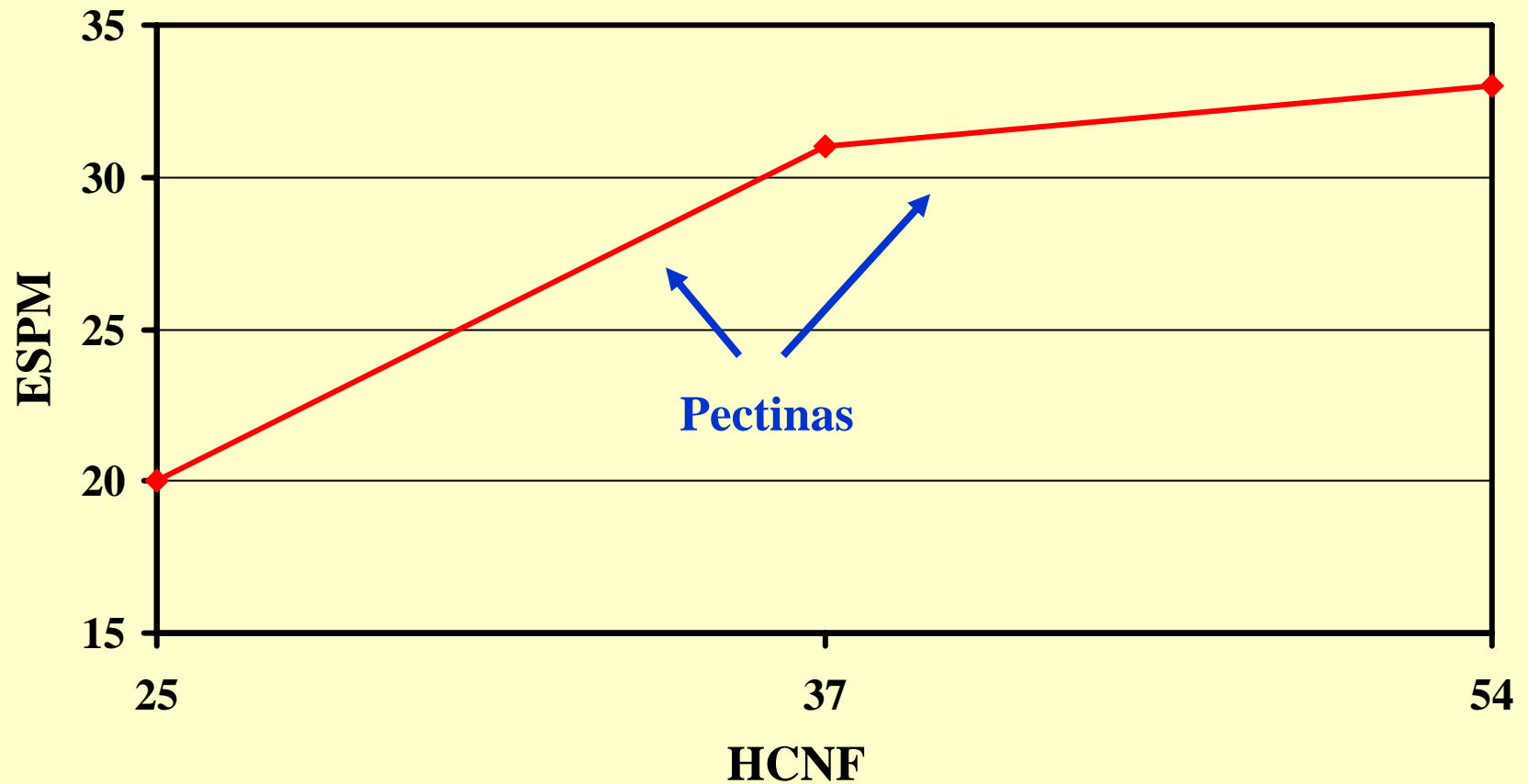
- El control de la acidosis no solo debe centrarse en el control del pH como “entidad química”, sino que debe centrarse también en el control del proceso de fermentación
  - Manejo
  - Aditivos que modulen la actividad de poblaciones microbianas (producción de propionato sin incrementar el riesgo de producción de lactato)

# Definir la Optimización Funcional del Rumen



- El aporte máximo de nutrientes al intestino delgado:
  - Energía
  - **Proteína**

# HCNF y Eficacia de Síntesis de Proteína Microbiana



Hoover & Stokes, 1991

# Implicaciones de la ESPM sobre las Necesidades de Proteína



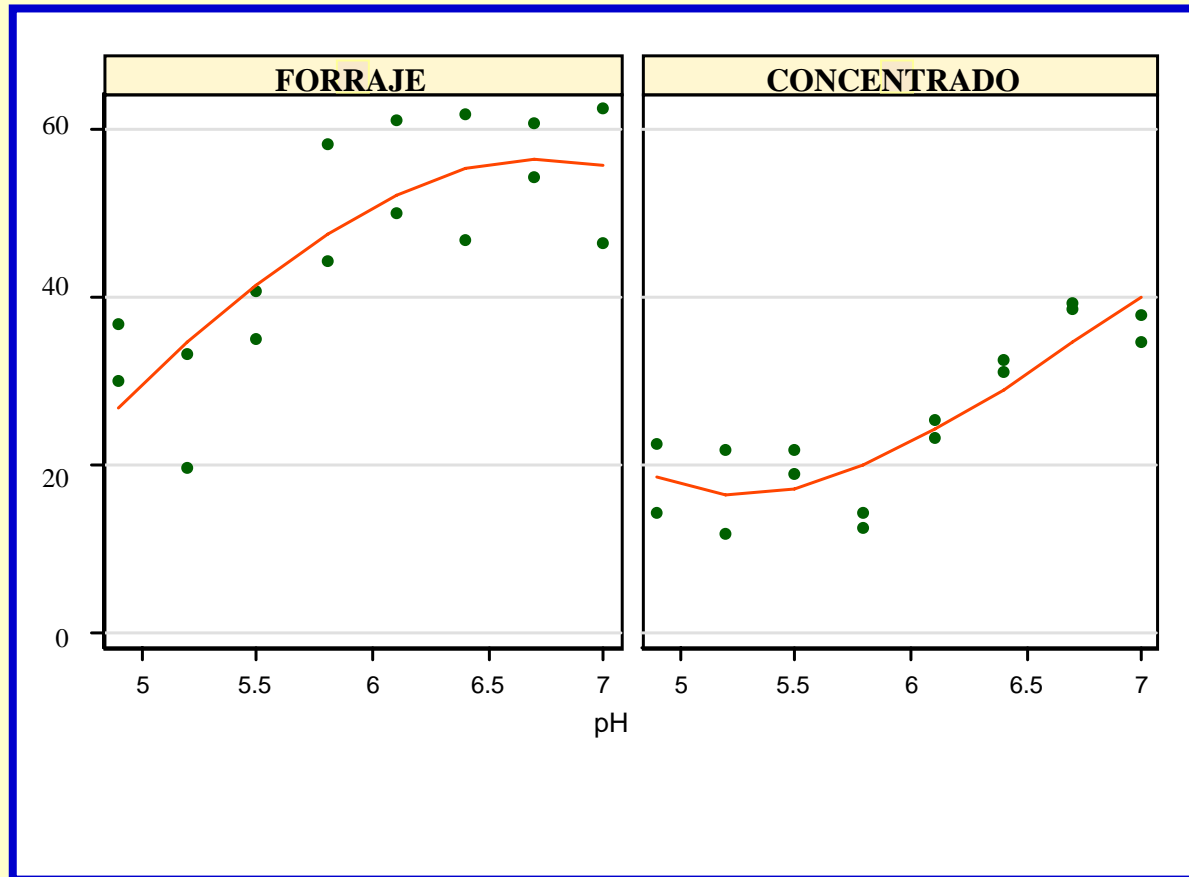
---

	Contribución teórica según producción (kg/d)		
ESPM	25	35	45
20	49	42	39
30	73	64	59
40	98	85	79

---

Stern, 1988

# Efecto del pH y tipo de dieta sobre la degradación de la PB (%)



Deg. PB =  
77,4

+ 24,5 pH

- 7,3 pH<sup>2</sup>

- 12,4 pH<sup>3</sup>

- 27,6 D

+ 13,5 (pH<sup>2</sup>xD)

pR<sup>2</sup> = 0,13

pR<sup>2</sup> = 0,02

pR<sup>2</sup> = 0,03

pR<sup>2</sup> = 0,35

pR<sup>2</sup> = 0,03

R<sup>2</sup> = 0,86

# Conclusiones



- Niveles de hasta 45-50% de HCNF totales son los más eficientes si somos capaces de controlar el pH ruminal:
  - Aumenta el aporte de almidón postruminal
  - Aumenta la energía a nivel ruminal
  - Desvía la fermentación a própionico (almidon y pH)
  - Aumenta la síntesis de proteína micorbiana
- El aporte adcaudo de fibra de calidad es esencial para el mantenimiento del pH ruminal y el incremento del aporte total de energía.
- Una acidosis marginal puede ser adecuada si somos capaces de reducir el riesgo de desequilibrio

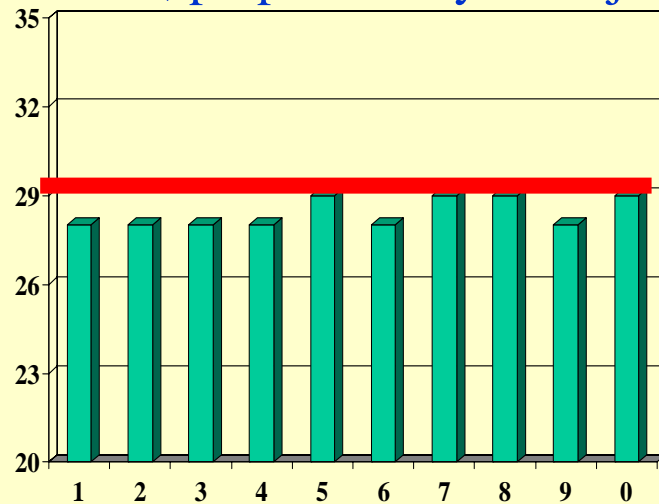


# Consecuencias del Riesgo: el Coste de las Cosas

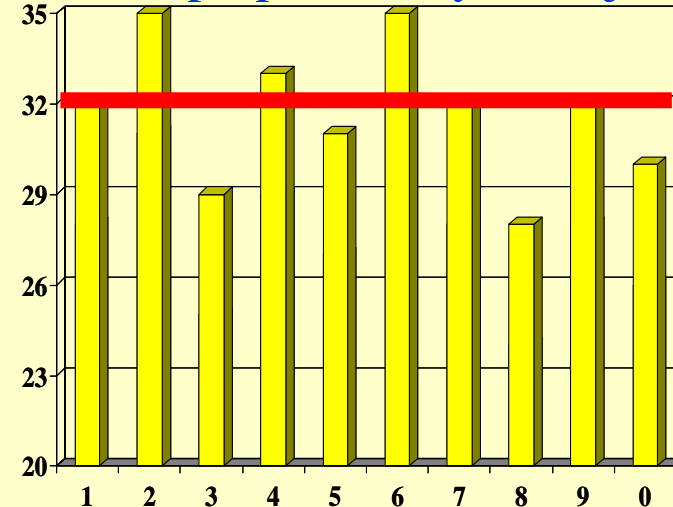
## Mal Hechas



Análisis, preparación y manejo correcto

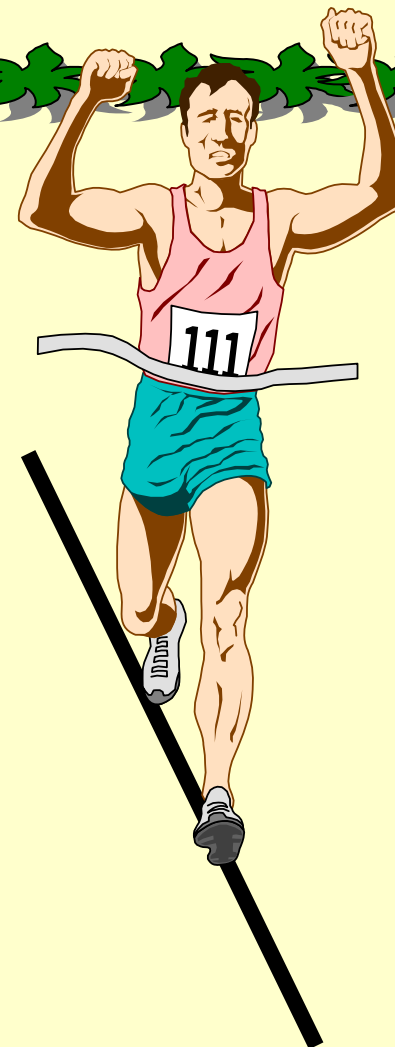
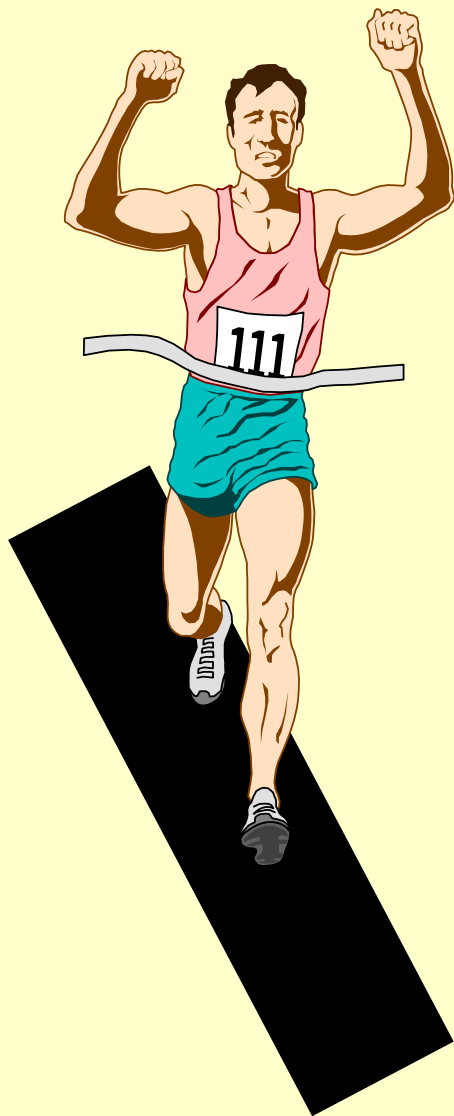


Análisis, preparación y manejo incorrecto



- A medida que los riesgos de error son mayores, debemos formular raciones más conservadoras
- Al formular raciones conservadoras, reducimos el potencial de producción y agravamos problemas postparto por limitar la ingestión de energía

**40 kg silo - 3 kg heno - 4 kg pienso**



**20 kg silo - 3 kg heno - 14 kg Pienso**