NOVUS®
SOLUTIONS SERVICE SUSTAINABILITY™

# Variación en la composición nutricional de ingredientes y su digestibilidad

Jeffery Escobar, Ph.D.
Gerente Ejecutivo
Investigación Fisiológica

SOLUTIONS SERVICE SUSTAINABILITY™

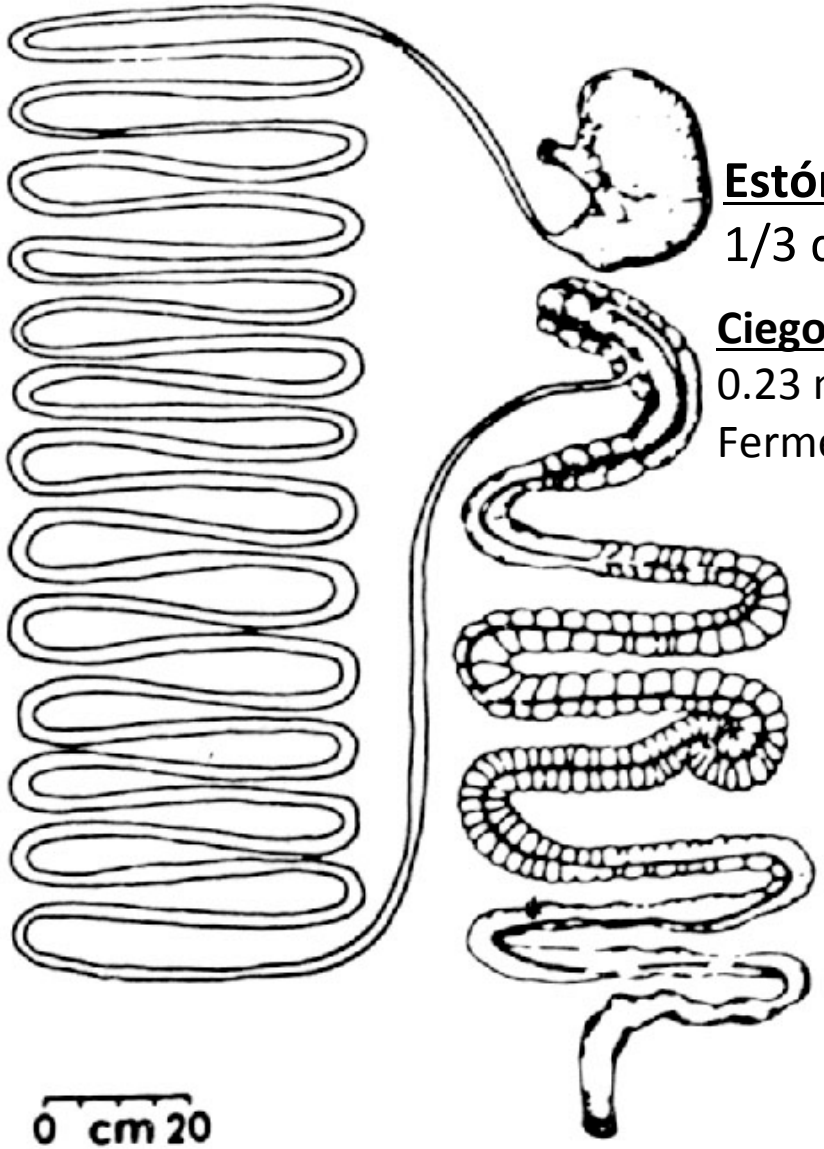
# Agenda

- Midiendo biodisponibilidad y digestibilidad de nutrientes
- Composición nutricional de ingredientes
- Coeficientes de digestibilidad: “tabla”
- Coeficientes de digestibilidad: “real”
- ¿Cómo lidiar con la variación en nutrientes digestibles?
- Conclusiones

NOVUS

# Tracto digestivo de *Sus scrofa*

**Distancia corporal: 125 cm**




**Estómago**
1/3 de capacidad

**Ciego**
0.23 m
Fermentación

**Intestino delgado**
18 m
1/3 de capacidad
Largo, simple

**Intestino grueso**
5 m
1/3 de capacidad
Saculado
Digestor colónico

NOVUS

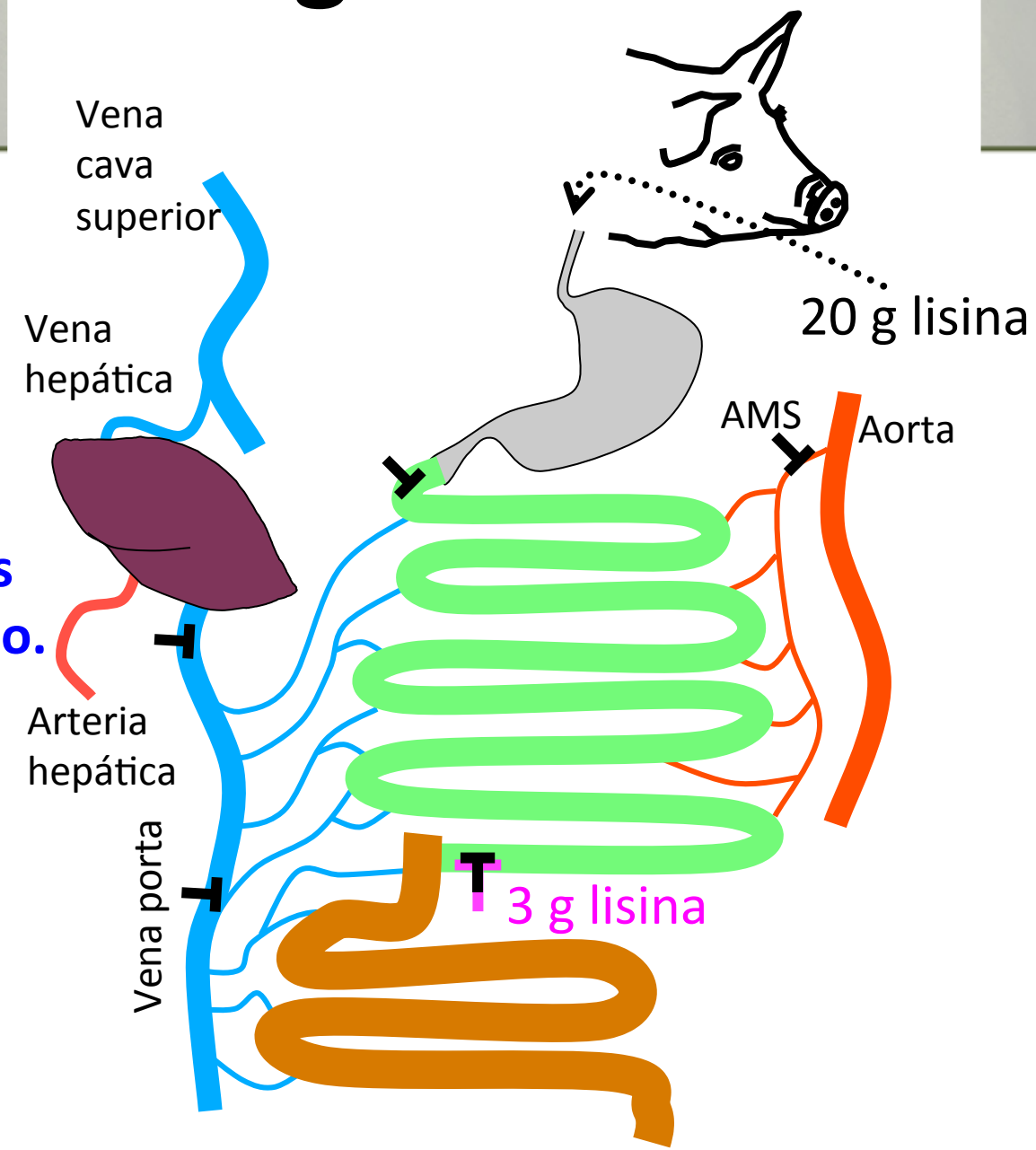
NOVUS®

SOLUTIONS SERVICE SUSTAINABILITY™

# Biodisponibilidad

# Absorción vs. digestibilidad

**Cuantificar absorción de aminoácidos es técnicamente complejo y requiere múltiples muestreos e infusión de marcadores en varios vasos sanguíneos y en el intestino.**




**Digestibilidad ileal aparente de lisina:**

$[(20 - 3) \div 20] \times 100 = 85\%$

NOVUS

# Biodisponibilidad

**"Un nutriente es biodisponible si, cuando entra en un tejido vivo, puede ser utilizado para funciones metabólicas normales"**

I. R. Sibbald, 1987

## Absorción vs. Digestibilidad

- Absorción es un concepto que puede ser definido pero es muy difícil de medir
- Digestibilidad puede ser medida mediante la cuantificación los nutrientes no digeridos de la dieta

***Se asume que los nutrientes digeridos son absorbidos en una forma biodisponible***

NOVUS

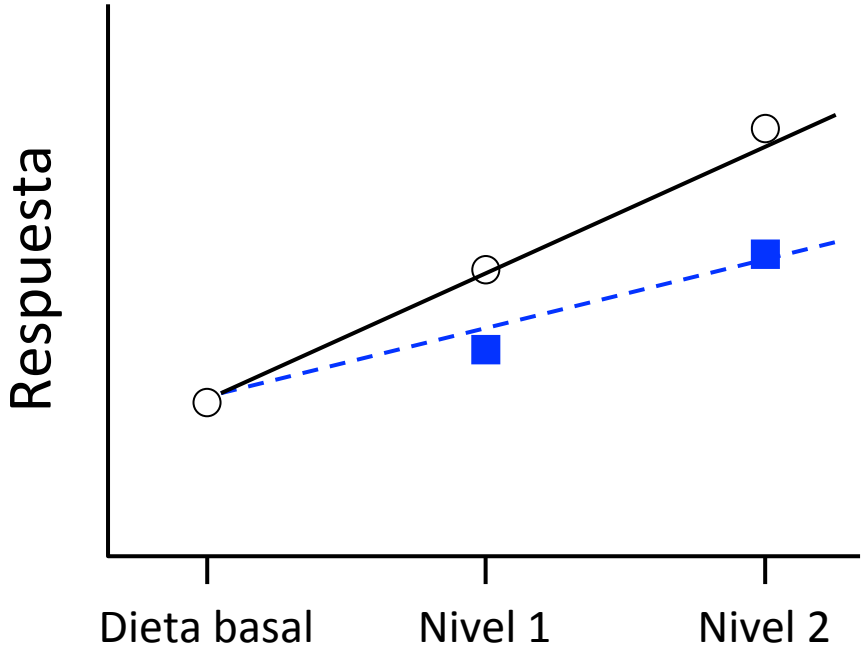
# Biodisponibilidad relativa

- Disponibilidad puede definirse pero difícil de medir
- Disponibilidad de un nutriente en un ingrediente se compara con otro ingrediente
- Se estima la utilización en vez de la absorción
- Beneficioso para proteínas con tratamiento térmico
- No provee estimados precisos de disponibilidad; sólo provee disponibilidad relativa comparado con una fuente conocida
- Procedimiento relativamente caro y demandante de tiempo
- Si se cambia el estándar la biodisponibilidad cambia

NOVUS

# Técnica: tasa entre pendientes

- Biodisponibilidad relativa calculada usando dos pendientes
- Dieta con niveles graduados de una fuente conocida del nutriente: estándar = 100% biodisponible
- Otra dieta con los mismo niveles graduados del nutriente proveniente del ingrediente a evaluar
- Dos regresiones lineales, cada una con su pendiente respectiva pero con un intercepto común
- La pendiente del ingrediente de prueba se expresa como porcentaje de la pendiente del estándar



# Requisitos para la técnica de tasa entre pendientes

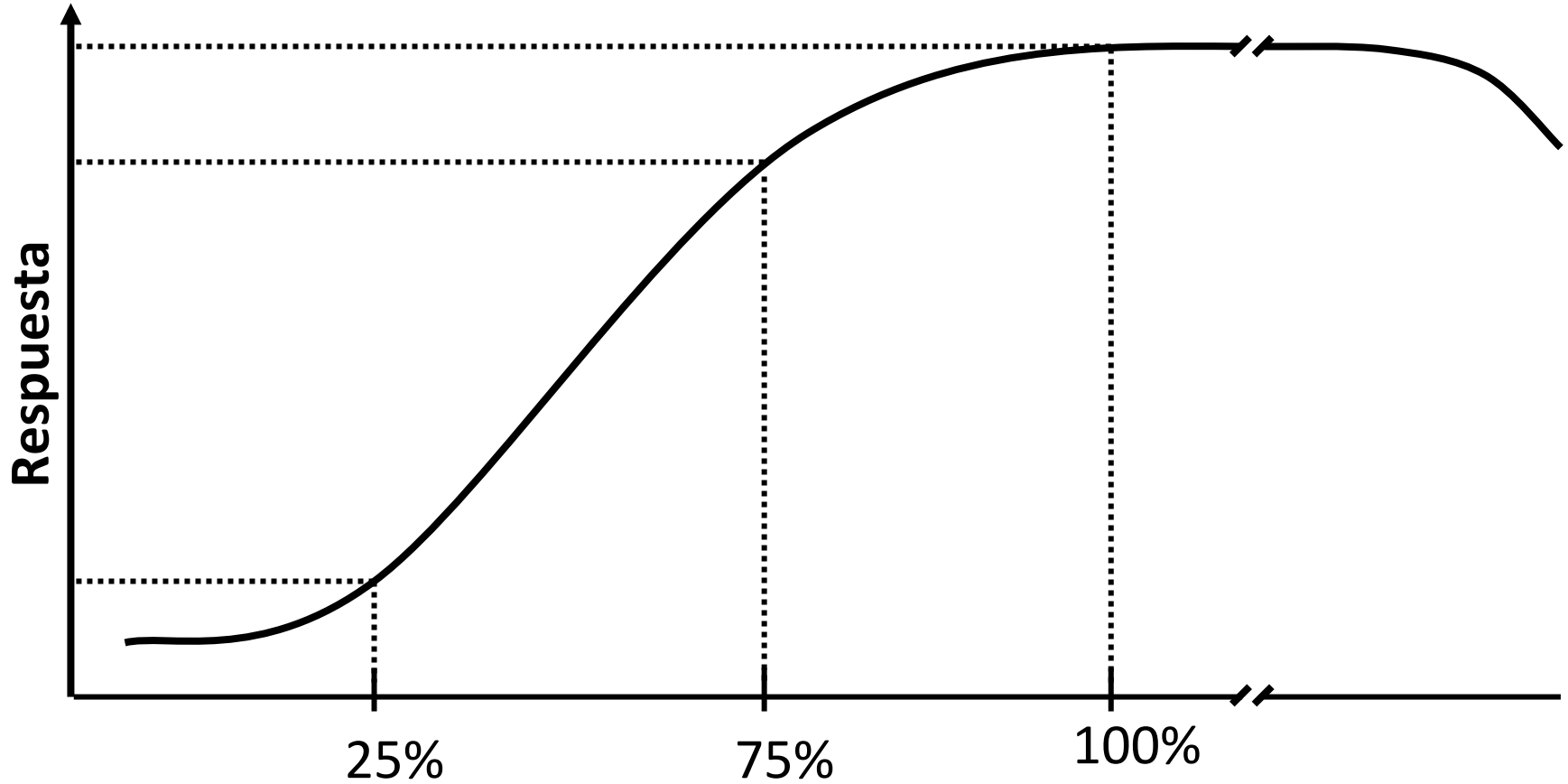
1. Dietas necesitan ser deficientes sólo en nutriente en prueba
   - Debe confirmarse antes del ensayo animal

2. Una respuesta sensible debe seleccionarse
   - Crecimiento para aminoácidos, actividad enzimática para vitaminas o minerales, etc.

3. Trabajar sólo en la parte lineal de la curva de respuesta

NOVUS

# Parte lineal de la curva de respuesta




NOVUS

NOVUS®

SOLUTIONS SERVICE SUSTAINABILITY™

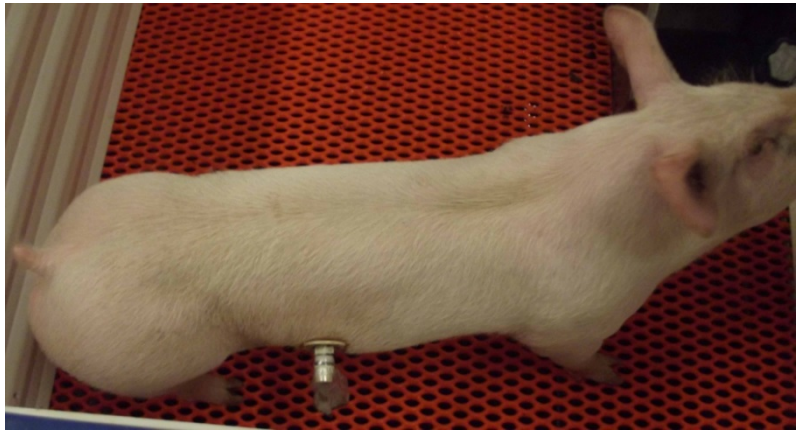
# Digestibilidad

# Calculando digestibilidad ileal

Coeficientes de digestibilidad calculados de esta forma son ***coeficientes de digestibilidad ileal aparente (DIA)***

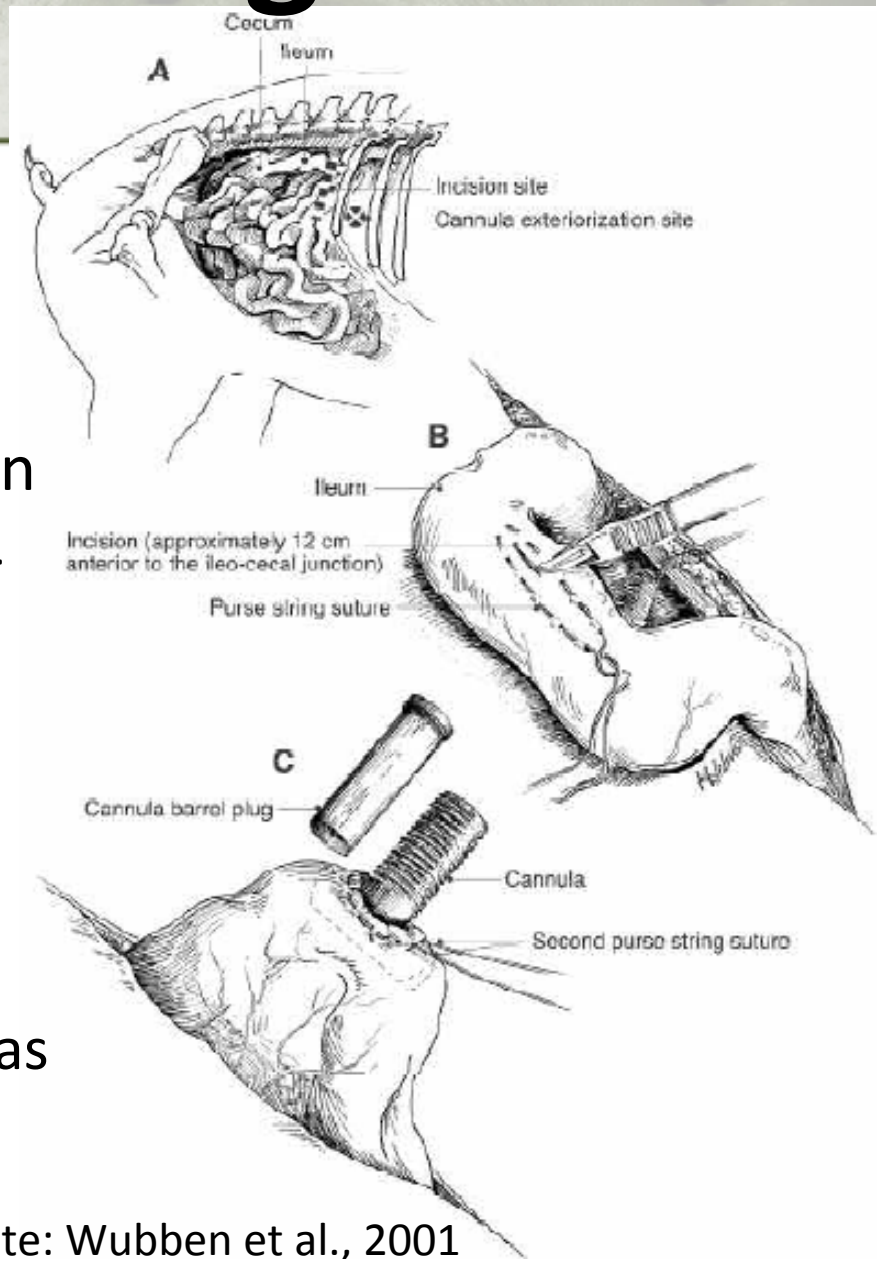
- Técnicas usadas para capturar contenido ileal en animales
  - Cánulas re-entrantes
  - **Cánulas T**
  - Cánula T post-válvula (PVTC)
  - Procedimiento válvula ileocecal dirigida (SICV)
  - Técnica de bolsa de nylon
  - Técnica de eutanasia
  - Anastomosis ileorectal
  - Ciegotomía (aves)

Fuetne: Novus International



# Cánula y cirugía

- Diseño cánula T simple
  - Barril de acero inoxidable de grado médico
  - Tapón, arandela y tapa de nylon
- Procedimiento quirúrgico semi-estéril
  - Incisión en flanco derecho
  - Sutura del íleo
  - Insertar cánula aprox. 12 cm anterior a la unión ileocecal
  - Exteriorizar la cánula  entra últimas costillas




Fuente: Wubben et al., 2001

# Formulación de dietas

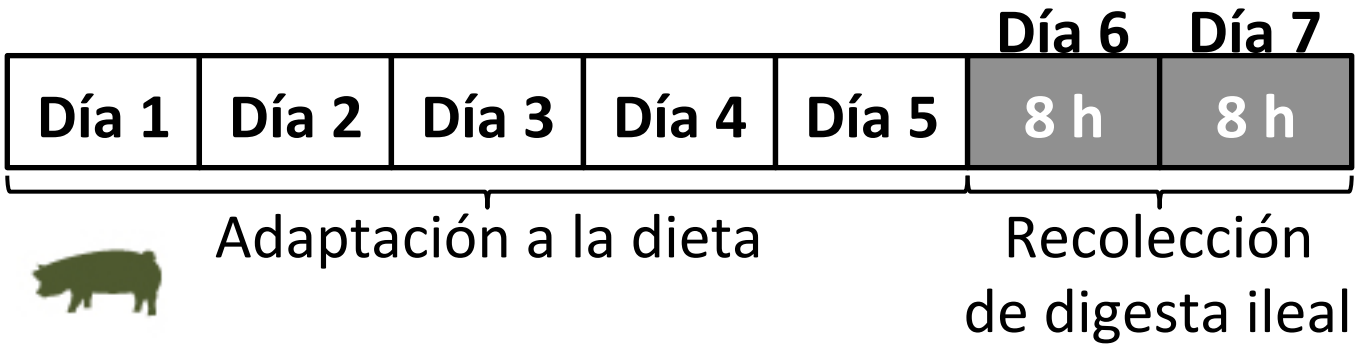
- El ingrediente a evaluar es la ***única*** fuente de aminoácidos en la dieta
- Si es posible, formular dietas para contener 18% PB

| Ingrediente | Libre-N | Maíz | HS | DDGS | Canola |
|---|---|---|---|---|---|
| Maíz | | 96.30 | | | |
| Harina de soya | | | 38.00 | | |
| DDGS, maíz | | | | 66.00 | |
| Canola | | | | | 49.00 |
| Almidón | 79.21 | | 49.50 | 21.20 | 37.34 |
| Sucrosa | 10.00 | | 10.00 | 10.00 | 10.00 |
| Solka-Floc | 4.00 | | | | |
| Aceite | 3.00 | 1.00 | | | 2.00 |
| $K_2CO_3$ | 0.45 | | | | |
| MgO | 0.10 | | | | |
| Dical-P (18.5% P) | 1.40 | 0.70 | 0.70 | | 0.63 |
| $CaCO_3$ | 0.90 | 1.10 | 0.90 | 1.90 | 0.13 |
| Vit-Min premix | 0.21 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| Colina-60% | 0.03 | | | | |
| Sal | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 |
| Marcador $TiO_2$ | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 |

NOVUS

# Procedimiento experimental

- Procedimiento estandarizado por Stein et al., 2007 (J. Anim. Sci. 85:172)
- Ingrediente en prueba es la ***única*** fuente de AA en la dieta
- Si es posible, formular dietas para contener 18% PB
- Régimen de alimentación
  - 2 veces por día
  - 3 × EM para mantenimiento (197 kcal/kg $BW^{0.60}$; NRC, 2012)
- Dieta libre de N para pérdidas endógenas basales




NOVUS

# Recolección de digesta

- Digesta se recolecta en bolsas plásticas
- Cambiar bolsas cuando estén llenas o cada 30 min, lo que ocurra primero
- Digesta es inmediatamente congelada en hielo seco y almacenada a -20$^{o}$C

Fuente: Novus International

NOVUS

# Análisis de digesta

- Digesta es descongelada, homogenizada, y congelada
- Liofilizada
- Molida
- Análisis para AA y otros nutrientes
  - AOAC 994.12, todos menos Tyr y Trp
  - AOAC 988.15 para Trp
- Análisis de $TiO_2$
  - Leone, JL. 1973. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 56:535

NOVUS

# Digestibilidad Ileal Aparente (DIA)

- No discrimina entre proteína dietética y endógena presente al final del íleo
- DIA sólo puede medirse con precisión en dietas conteniendo más de 15% de proteína bruta
- Si contenido de proteína bruta es menor, las contribuciones endógenas reducirán la DIA calculada
- Esto es un problema en cereales; 8-10% de proteína bruta
  - -DIA usualmente subestimada

**Pérdidas endógenas: AA secretados en el lumen *Y* no reabsorbidos del tracto digestivo antes del íleo distal**

NOVUS

# Digestibilidad Ileal Aparente (DIA)

- Definición: desaparición neta de aminoácidos ingeridos y provenientes de la dieta del tracto digestivo al final del íleo

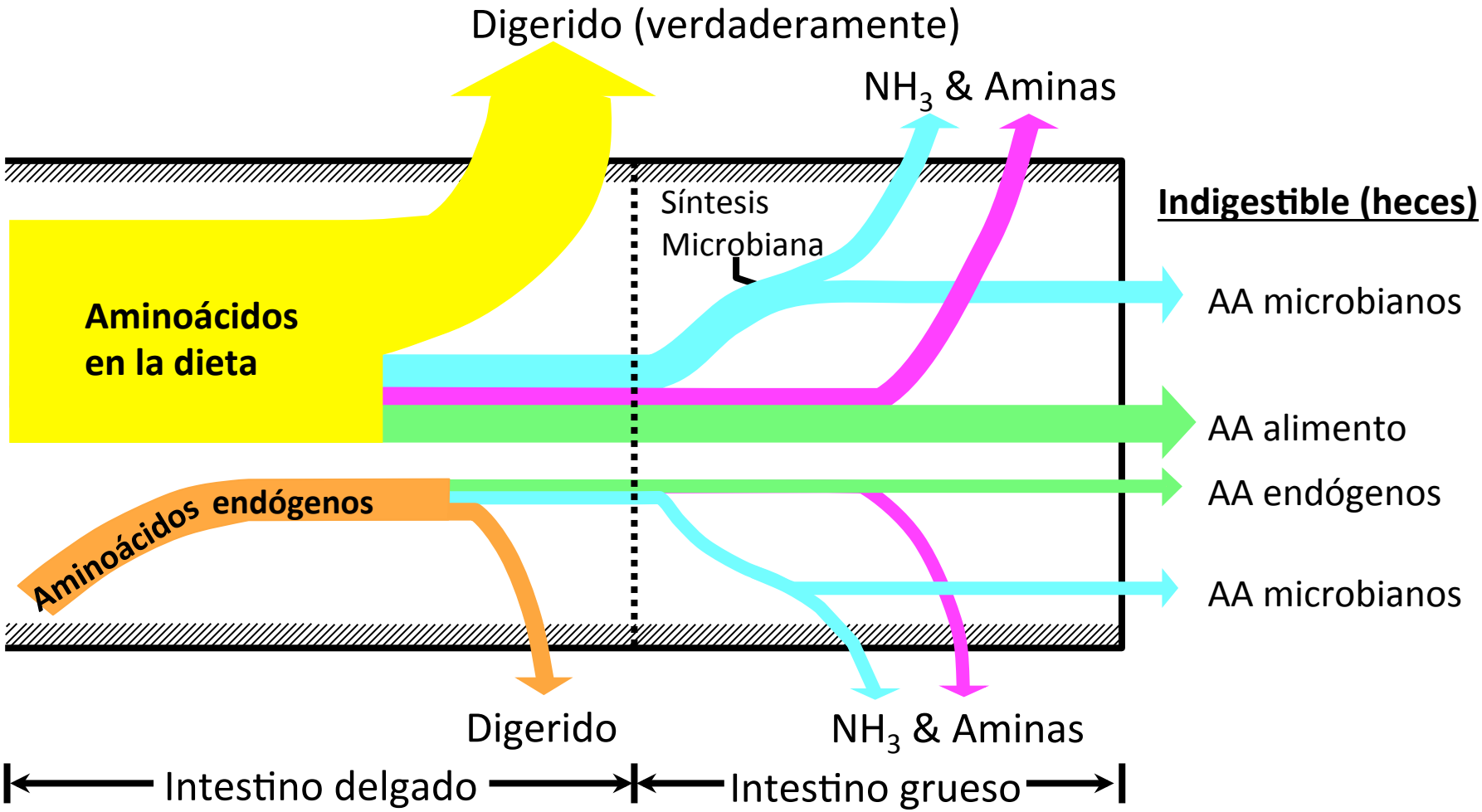
$$\text{DIA, \%} = [(\text{cons. AA} - \text{flujo AA íleo})/\text{cons. AA}] \times 100$$

$$\text{DIA, \%} = [1 - (\text{AA}_{\text{digesta}}/\text{AA}_{\text{dieta}}) \times (\text{Macador}_{\text{dieta}}/\text{Macador}_{\text{digesta}})] \times 100$$

Marcador: óxido de cromo ($Cr_2O_3$), homoarginina, dióxido de titanio ($TiO_2$), óxido de lantano ($La_2O_3$), óxido de itrio ($Y_2O_3$), óxido de iterbio ($Yb_2O_3$)

NOVUS

# Fuentes y pérdidas de aminoácidos a través del tracto digestivo




NOVUS

# Digestibilidad Ileal Estandarizada (DIS)

Definición: toma en cuenta pérdidas endógenas basales de AA
•Sustraer pérdidas endógenas basales del contenido total de AA en íleo

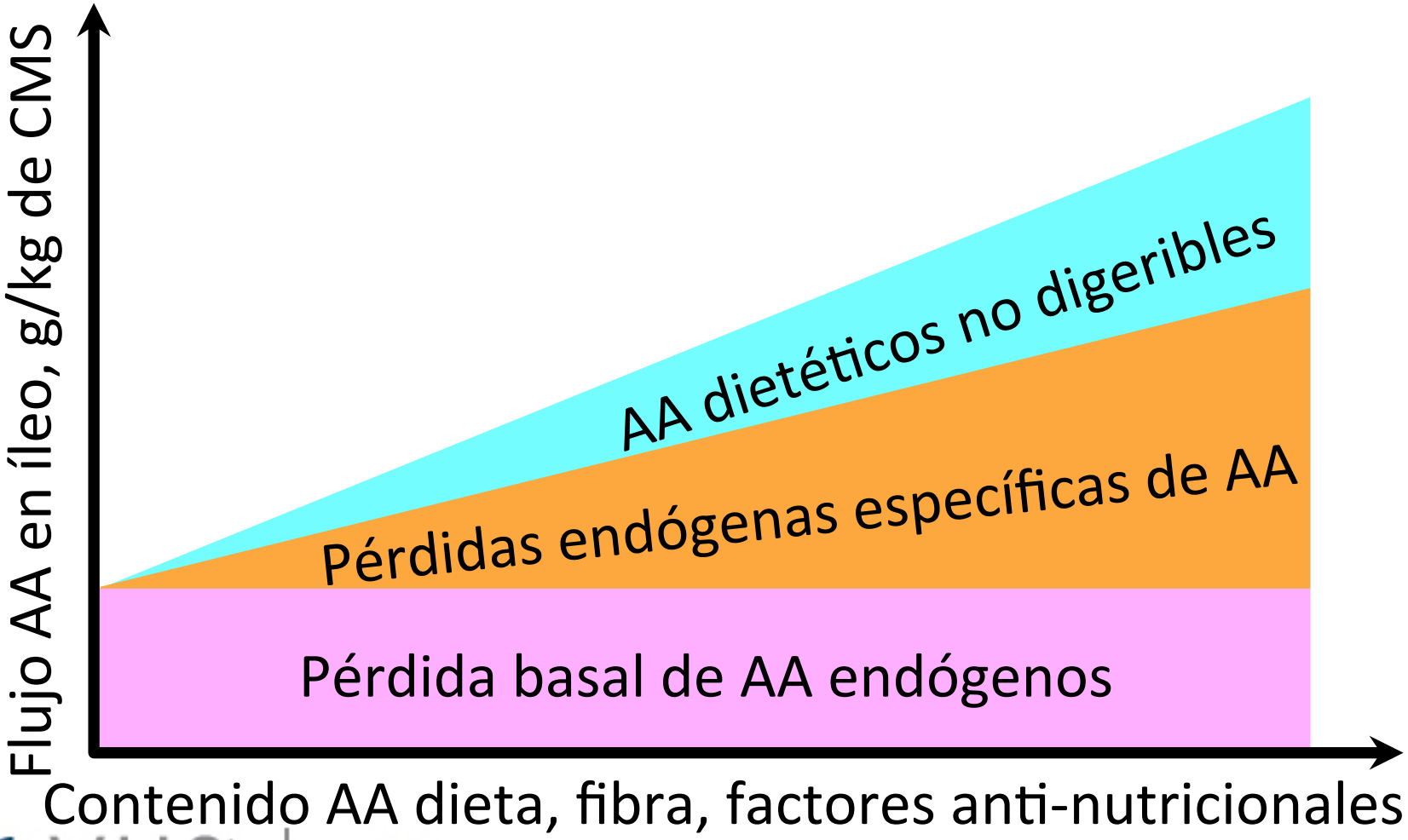
$$\text{DIS, \%} = \frac{[\text{AA cons.} - (\text{AA íleo} - \text{IAA}_{end}\ \text{basal})] \times 100}{\text{AA cons.}}$$

$$\text{DIS, \%} = \text{DIA} + [(\text{basal IAA}_{end}\ /\text{AA cons.}) \times 100]$$

•Calculada a partir de DIA y pérdida endógenas basales de AA
•Pérdida endógenas basales de AA se miden con una dieta libre-N, alimentación con péptidos, técnica regresión, etc.
•Mejor adición de coeficientes SID en dietas

NOVUS

# Influencia de AA dietéticos sobre la partición de AA en la digesta ileal




Stein et al., 2007. J. Anim. Sci. 85:172

NOVUS®

SOLUTIONS SERVICE SUSTAINABILITY™

# Composición de nutrientes

# Composición química de ingredientes

- Los valores se pueden obtener por dos métodos:
  - Química húmeda
  - Espectroscopia del infrarrojo cercano (NIR)

- Dónde encontrar esta información
  - Tablas publicadas: Fedna, NRC, Brazil, INRA, etc.
  - En línea: www.feedipedia.org, www.fundacionfedna.org
  - Bases de datos privadas: NovaBase
  - Publicaciones en revistas científicas y populares

NOVUS

# ¿Cuál es la composición "real" de mis ingredientes?



TABLE 17-1 Continued

**Ingredient: Corn, Yellow Dent**
**AAFCO #: 48.4, AAFCO 2010, p. 355**
**IFN #: 4-02-861**

| Proximate Components, % | x̄ | n | SD |
|---|---|---|---|
| Dry matter | 88.31 | 133 | 2.41 |
| Crude protein | 8.24 | 163 | 0.93 |
| Crude fiber | 1.98 | 78 | 0.61 |
| Ether extract | 3.48 | 115 | 0.78 |
| Acid ether extract | 3.68 | 7 | 1.26 |
| Ash | 1.30 | 76 | 0.32 |
| **Carbohydrate Components, %** | | | |
| Lactose | 0.00 | 8 | 0.00 |
| Sucrose | 0.09 | 9 | 0.28 |
| Raffinose | 0.01 | 9 | 0.04 |
| Stachyose | 0.01 | 9 | 0.02 |
| Verbascose | 0.01 | 9 | 0.02 |
| Oligosaccharides | | | |
| Starch | 62.55 | 37 | 4.61 |
| Neutral detergent fiber | 9.11 | 54 | 1.97 |
| Acid detergent fiber | 2.88 | 45 | 0.83 |
| Hemicellulose | | | |
| Acid detergent lignin | 0.32 | 2 | 0.12 |
| Total dietary fiber | 13.73 | 2 | 4.65 |
| Insoluble dietary fiber | | | |
| Soluble dietary fiber | | | |

| Amino Acids, % | Total | | | Digestibility | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AID | | | SID | | |
| | x̄ | n | SD | x̄ | n | SD | x̄ | n | SD |
| Essential | | | | | | | | | |
| CP | 8.24 | 163 | 0.93 | 65 | 19 | 10.34 | 80 | 19 | 9.18 |
| Arg | 0.37 | 127 | 0.05 | 75 | 27 | 7.98 | 87 | 27 | 7.62 |
| His | 0.24 | 121 | 0.05 | 77 | 27 | 5.75 | 83 | 27 | 5.42 |
| Ile | 0.28 | 128 | 0.06 | 73 | 27 | 6.70 | 82 | 27 | 6.26 |
| Leu | 0.96 | 121 | 0.15 | 82 | 27 | 7.47 | 87 | 27 | 7.37 |
| Lys | 0.25 | 132 | 0.04 | 60 | 27 | 11.63 | 74 | 27 | 10.62 |
| Met | 0.18 | 130 | 0.03 | 77 | 25 | 11.15 | 83 | 25 | 10.12 |
| Phe | 0.39 | 120 | 0.05 | 78 | 27 | 6.89 | 85 | 27 | 6.58 |
| Thr | 0.28 | 129 | 0.04 | 61 | 27 | 10.29 | 77 | 27 | 10.70 |
| Trp | 0.06 | 111 | 0.01 | 62 | 13 | 10.01 | 80 | 13 | 9.54 |
| Val | 0.38 | 128 | 0.05 | 71 | 27 | 8.23 | 82 | 27 | 7.38 |
| Nonessential | | | | | | | | | |
| Ala | 0.60 | 87 | 0.08 | 77 | 22 | 5.78 | 81 | 21 | 16.94 |
| Asp | 0.54 | 87 | 0.09 | 71 | 22 | 9.21 | 79 | 21 | 16.81 |
| Cys | 0.19 | 112 | 0.02 | 75 | 19 | 6.37 | 80 | 20 | 17.60 |
| Glu | 1.48 | 79 | 0.26 | 80 | 22 | 11.31 | 84 | 21 | 18.99 |
| Gly | 0.31 | 85 | 0.04 | 50 | 22 | 24.33 | 84 | 21 | 22.06 |
| Pro | 0.71 | 83 | 0.12 | 50 | 18 | 24.62 | 93 | 17 | 18.98 |
| Ser | 0.38 | 81 | 0.06 | 74 | 22 | 7.18 | 82 | 21 | 17.20 |
| Tyr | 0.26 | 101 | 0.07 | 74 | 22 | 7.17 | 79 | 20 | 17.83 |

Fuente: NRC Porcino, 2012

Fuente: Novus International

- ¿Qué tan cercano son las "tablas" a mis ingredientes?
- La tecnología NIR puede ayudar mucho.

NOVUS

# Variación en composición de ingredientes NRC Porcino, 2012



TABLE 17-1 Continued

**Ingredient: Corn, Yellow Dent**
**AAFCO #: 48.4, AAFCO 2010, p. 355**
**IFN #: 4-02-861**

| Proximate Components, % | x̄ | n | SD |
|---|---|---|---|
| Dry matter | 88.31 | 133 | 2.41 |
| Crude protein | 8.24 | 163 | 0.93 |
| Crude fiber | 1.98 | 78 | 0.61 |
| Ether extract | 3.48 | 115 | 0.78 |
| Acid ether extract | 3.68 | 7 | 1.26 |
| Ash | 1.30 | 76 | 0.32 |
| **Carbohydrate Components, %** | | | |
| Lactose | 0.00 | 8 | 0.00 |
| Sucrose | 0.09 | 9 | 0.28 |
| Raffinose | 0.01 | 9 | 0.04 |
| Stachyose | 0.01 | 9 | 0.02 |

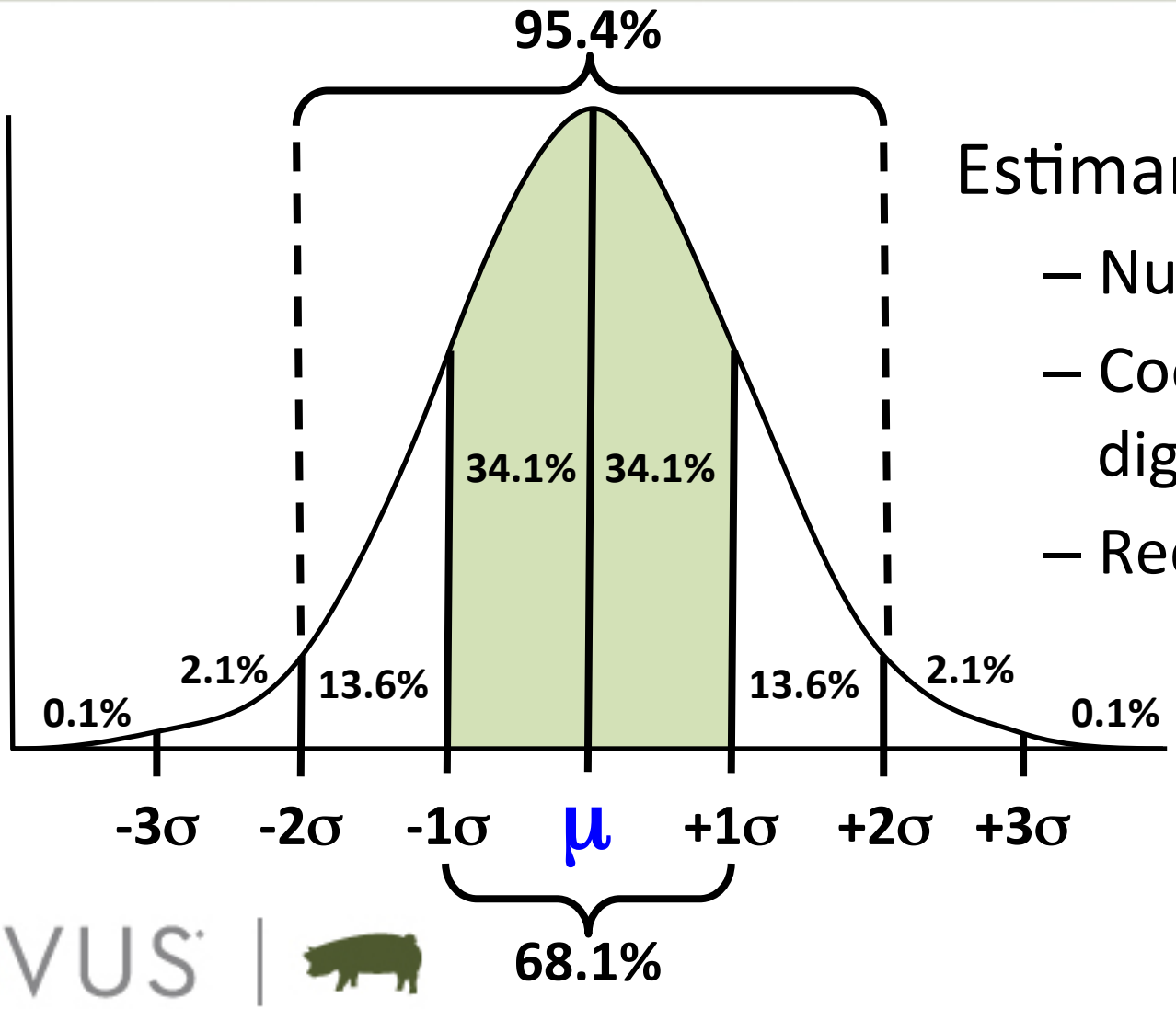
| Amino Acids, % | Total | | | Digestibility | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AID | | | SID | | |
| | x̄ | n | SD | x̄ | n | SD | x̄ | n | SD |
| Essential | | | | | | | | | |
| CP | 8.24 | 163 | 0.93 | 65 | 19 | 10.34 | 80 | 19 | 9.18 |
| Arg | 0.37 | 127 | 0.05 | 75 | 27 | 7.98 | 87 | 27 | 7.62 |
| His | 0.24 | 121 | 0.05 | 77 | 27 | 5.75 | 83 | 27 | 5.42 |
| Ile | 0.28 | 128 | 0.06 | 73 | 27 | 6.70 | 82 | 27 | 6.26 |
| Leu | 0.96 | 121 | 0.15 | 82 | 27 | 7.47 | 87 | 27 | 7.37 |
| Lys | 0.25 | 132 | 0.04 | 60 | 27 | 11.63 | 74 | 27 | 10.62 |
| Met | 0.18 | 130 | 0.03 | 77 | 25 | 11.15 | 83 | 25 | 10.12 |
| Phe | 0.39 | 120 | 0.05 | 78 | 27 | 6.89 | 85 | 27 | 6.58 |
| Thr | 0.28 | 129 | 0.04 | 61 | 27 | 10.29 | 77 | 27 | 10.70 |
| Trp | 0.06 | 111 | 0.01 | 62 | 13 | 10.01 | 80 | 13 | 9.54 |
| Val | 0.38 | 128 | 0.05 | 71 | 27 | 8.23 | 82 | 27 | 7.38 |

**Usar esta información y el teorema del límite central para estimar variación nutricional**

NOVUS

Fuente: NRC Porcino, 2012

# El teorema del límite central o distribución normal




Estimar variación:

- Nutrientes
- Coeficientes de digestibilidad
- Requerimientos

NOVUS

NOVUS®

SOLUTIONS SERVICE SUSTAINABILITY™

# Estimando variación nutricional en varios ingredientes comunes

SOLUTIONS SERVICE SUSTAINABILITY™

# Composición de proteína bruta y aminoácidos en maíz amarillo

| Nutriente | x | n | SD | CV | -1 SD | +1 SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CP | 8.24 | 163 | 0.93 | 11.3 | 7.31 | 9.17 |
| Arg | 0.37 | 127 | 0.05 | 13.5 | 0.32 | 0.42 |
| Ile | 0.28 | 128 | 0.06 | 21.4 | 0.22 | 0.34 |
| Lys | 0.25 | 132 | 0.04 | 16.0 | 0.21 | 0.29 |
| Met | 0.18 | 130 | 0.03 | 16.7 | 0.15 | 0.21 |
| Thr | 0.28 | 129 | 0.04 | 14.3 | 0.24 | 0.32 |
| Trp | 0.06 | 111 | 0.01 | 16.7 | 0.05 | 0.07 |
| Val | 0.38 | 128 | 0.05 | 13.2 | 0.33 | 0.43 |

- Contenido Lys en maíz varía hasta **38%** (=0.29/0.21)
- Esta estimación sólo incluye el **68%** de muestras de maíz

NOVUS

Fuente: NRC Porcino, 2012

# Composición de lisina en maíz amarillo

| Lugar | x | n | SD | CV | -1 SD | +1 SD | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mundo | 0.26 | 264 | 0.05 | 19 | 0.21 | 0.31 | **48** |
| Norteamérica | 0.26 | 239 | 0.05 | 19 | 0.21 | 0.31 | **48** |
| Suramérica | 0.28 | 1 | 0.00 | 0 | 0.28 | 0.28 | **0** |
| Asia | 0.29 | 17 | 0.03 | 10 | 0.26 | 0.32 | **23** |
| Europa | 0.29 | 5 | 0.05 | 17 | 0.24 | 0.34 | **42** |
| NRC | 0.25 | 132 | 0.04 | 16 | 0.21 | 0.29 | **38** |

**Esta estimación sólo incluye el 68% de muestras de maíz**

NOVUS

Fuente: nutrition.ansci.illinois.edu

# Coeficientes de digestibilidad para proteína bruta y AA en maíz amarillo

| Nutriente | x | n | SD | CV | -1 SD | +1 SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CP | 80 | 19 | 9.18 | 11.5 | 70.8 | 89.2 |
| Arg | 87 | 27 | 7.62 | 8.8 | 79.4 | 94.6 |
| Ile | 82 | 27 | 6.26 | 7.6 | 75.7 | 88.3 |
| Lys | 74 | 27 | 10.62 | 14.4 | 63.4 | 84.6 |
| Met | 83 | 25 | 10.12 | 12.2 | 72.9 | 93.1 |
| Thr | 77 | 27 | 10.7 | 13.9 | 66.3 | 87.7 |
| Trp | 80 | 13 | 9.54 | 11.9 | 70.5 | 89.5 |
| Val | 82 | 27 | 7.38 | 9.0 | 74.6 | 89.4 |

- Digestibilidad de Lys en maíz varía hasta en **33%**
- Esta estimación sólo incluye el **68%** de muestras de maíz

NOVUS

Fuente: NRC Porcino, 2012

# Coeficientes de digestibilidad para lisina en maíz amarillo

| Lugar | x | n | SD | CV | -1 SD | +1 SD | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mundo | 74 | 45 | 9.9 | 13 | 64 | 84 | **31** |
| Norteamérica | 73 | 36 | 8.6 | 12 | 64 | 82 | **27** |
| Suramérica | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| Asia | 78 | 3 | 3.1 | 4 | 75 | 81 | **8** |
| Europa | 75 | 4 | 21.5 | 29 | 53 | 97 | **81** |
| NRC | 74 | 27 | 10.6 | 14 | 63 | 85 | **34** |

**Esta estimación sólo incluye el 68% de muestras de maíz**

NOVUS

Fuente: nutrition.ansci.illinois.edu

# Maíz amarillo: Proteína bruta y aminoácidos digestibles

| | Total | | Coef. Dig. | | Nutriente digestible | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Nutriente** | **-1 SD** | **+1 SD** | **-1 SD** | **+1 SD** | **Bajo** | **Prom.** | **Alto** |
| CP | 7.31 | 9.17 | 70.8 | 89.2 | 5.18 | 6.59 | 8.18 |
| Arg | 0.32 | 0.42 | 79.4 | 94.6 | 0.25 | 0.32 | 0.40 |
| Ile | 0.22 | 0.34 | 75.7 | 88.3 | 0.17 | 0.23 | 0.30 |
| Lys | 0.21 | 0.29 | 63.4 | 84.6 | 0.13 | 0.19 | 0.25 |
| Met | 0.15 | 0.21 | 72.9 | 93.1 | 0.11 | 0.15 | 0.20 |
| Thr | 0.24 | 0.32 | 66.3 | 87.7 | 0.16 | 0.22 | 0.28 |
| Trp | 0.05 | 0.07 | 70.5 | 89.5 | 0.04 | 0.05 | 0.06 |
| Val | 0.33 | 0.43 | 74.6 | 89.4 | 0.25 | 0.31 | 0.38 |

- Lisina digestible en maíz varía hasta **84%**
- Esta estimación sólo incluye el **68%** de muestras de maíz

NOVUS

Fuente: NRC Porcino, 2012

# Maíz amarillo: lisina digestible

| | Total | | Coef. Dig. | | Nutriente digestible | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Lugar** | **-1 SD** | **+1 SD** | **-1 SD** | **+1 SD** | **Bajo** | **Prom.** | **Alto** | **%** |
| Mundo | 0.21 | 0.31 | 64 | 84 | 0.13 | 0.19 | 0.26 | **93** |
| Norteamérica | 0.21 | 0.31 | 64 | 82 | 0.14 | 0.19 | 0.25 | **87** |
| Suramérica | 0.28 | 0.28 | - | - | - | - | - | - |
| Asia | 0.26 | 0.32 | 75 | 81 | 0.19 | 0.23 | 0.26 | **33** |
| Europa | 0.24 | 0.34 | 53 | 97 | 0.13 | 0.22 | 0.33 | **156** |
| NRC | 0.21 | 0.29 | 63 | 85 | 0.13 | 0.19 | 0.25 | **84** |

**Esta estimación sólo incluye el 68% de muestras de maíz**

NOVUS

Fuente: nutrition.ansci.illinois.edu

# Variación en lisina digestible en varios ingredientes

| Ingrediente | Bajo | Prom. | Alto | % dif. bajo-alto |
|---|---|---|---|---|
| Trigo | 0.22 | 0.32 | 0.44 | **100** |
| Maíz | 0.13 | 0.19 | 0.25 | **84** |
| DDGS, maíz | 0.34 | 0.47 | 0.62 | **83** |
| H. pescado | 2.84 | 3.92 | 5.15 | **81** |
| H. canola | 1.12 | 1.53 | 2.01 | **79** |
| Gluten de maíz | 0.57 | 0.75 | 0.95 | **67** |
| Soya integral | 1.38 | 1.81 | 2.29 | **65** |
| H. soya 44% | 2.14 | 2.43 | 2.73 | **28** |
| H. soya 47% | 2.37 | 2.63 | 2.91 | **23** |

NOVUS

Fuente: NRC Porcino, 2012

# Variación en lisina digestible en varios ingredientes en Europa

| Ingrediente | N conc. | N DIS | Bajo | Prom. | Alto | % dif. bajo-alto |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Trigo | 9 | 3 | 0.16 | 0.34 | 0.57 | **260** |
| Maíz | 5 | 4 | 0.13 | 0.22 | 0.33 | **156** |
| Triticale | 5 | 3 | 0.26 | 0.39 | 0.55 | **110** |
| Cebada | 23 | 10 | 0.21 | 0.32 | 0.44 | **108** |
| Colza | 46 | 12 | 0.89 | 1.26 | 1.65 | **85** |
| Canola | 4 | 4 | 1.25 | 1.41 | 1.57 | **26** |
| Girasol | 3 | 2 | 1.07 | 1.21 | 1.35 | **25** |
| H. soya | 11 | 9 | 2.50 | 2.62 | 2.74 | **9** |

NOVUS

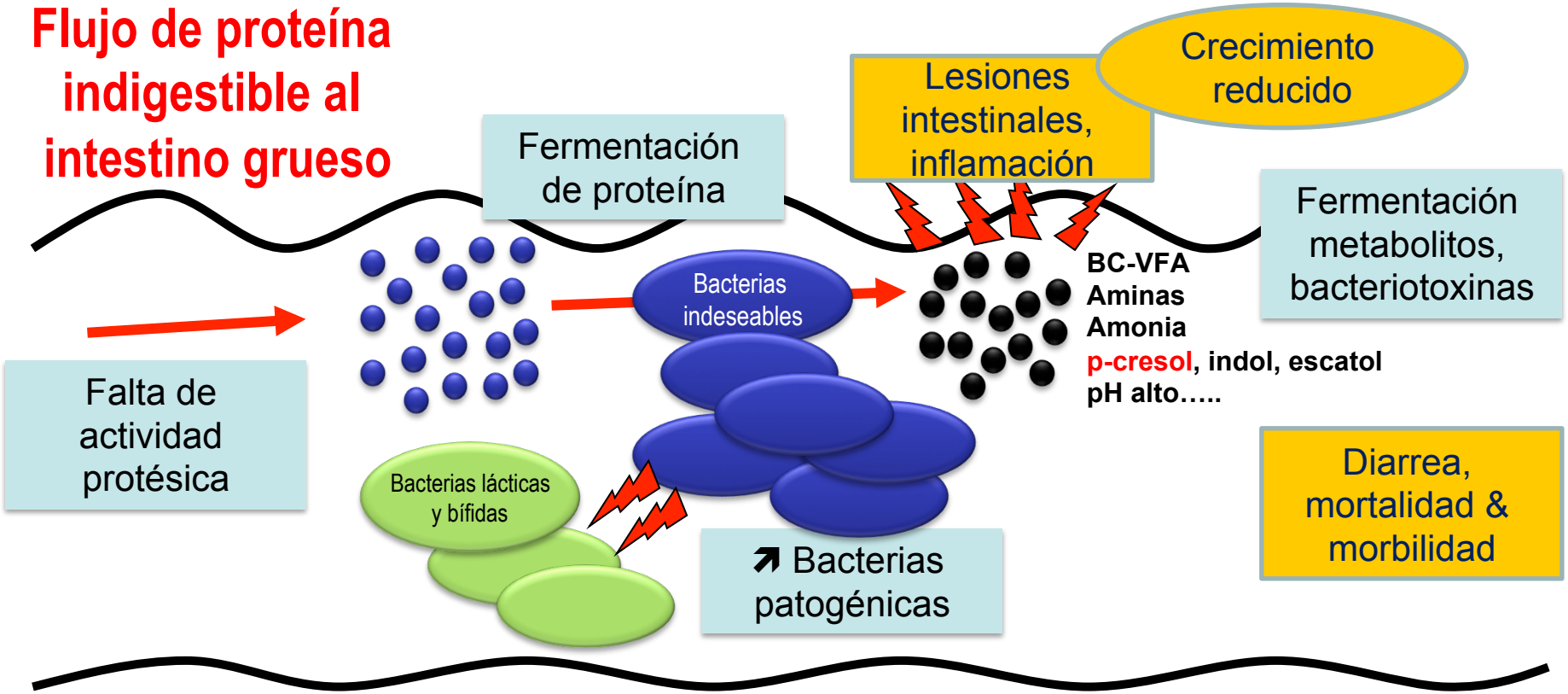
Fuente: nutrition.ansci.illinois.edu

NOVUS®

SOLUTIONS SERVICE SUSTAINABILITY™

# Porqué es importante entender y manejar la variación nutricional

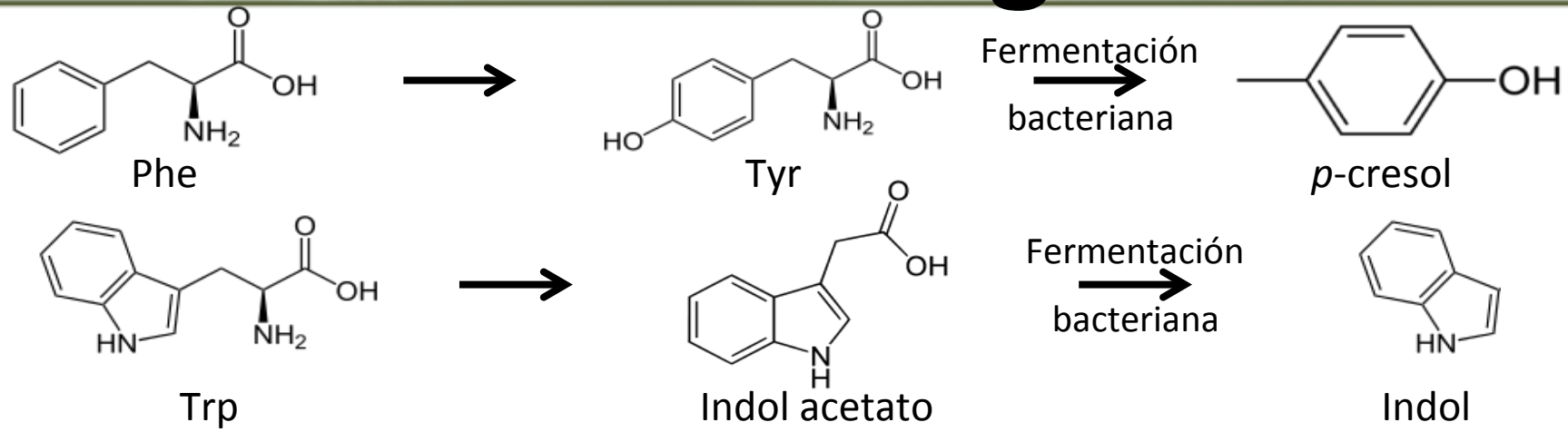
# Efecto anti-nutricional de la proteína indigestible en el intestino grueso

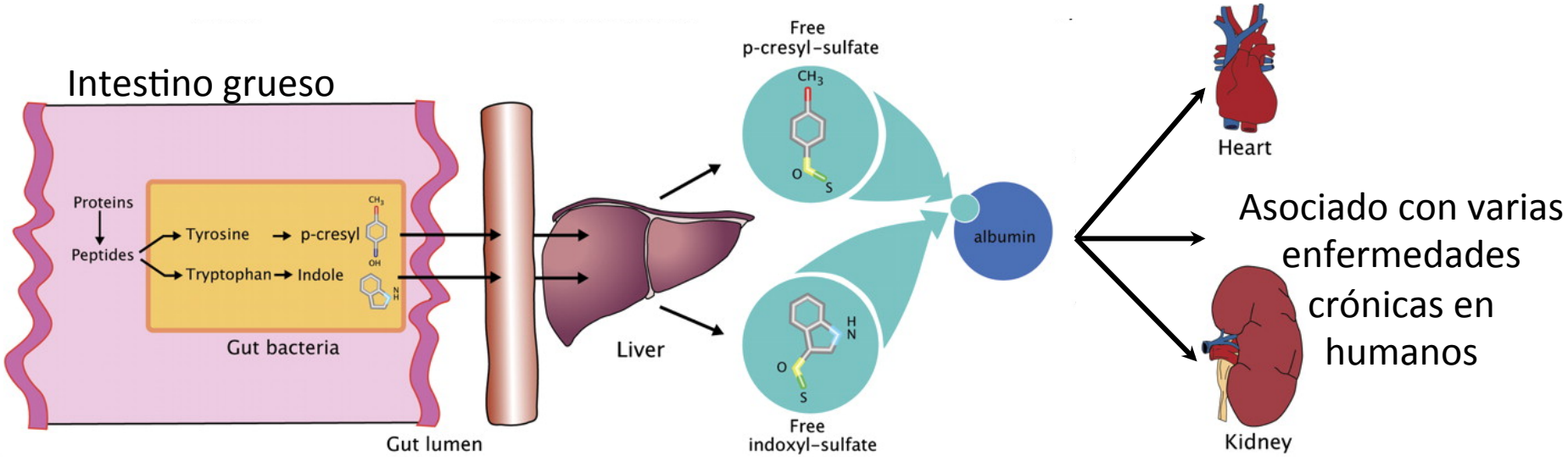



***E. coli, Clostridia, Salmonella, Campylobacter*, etc.**

NOVUS

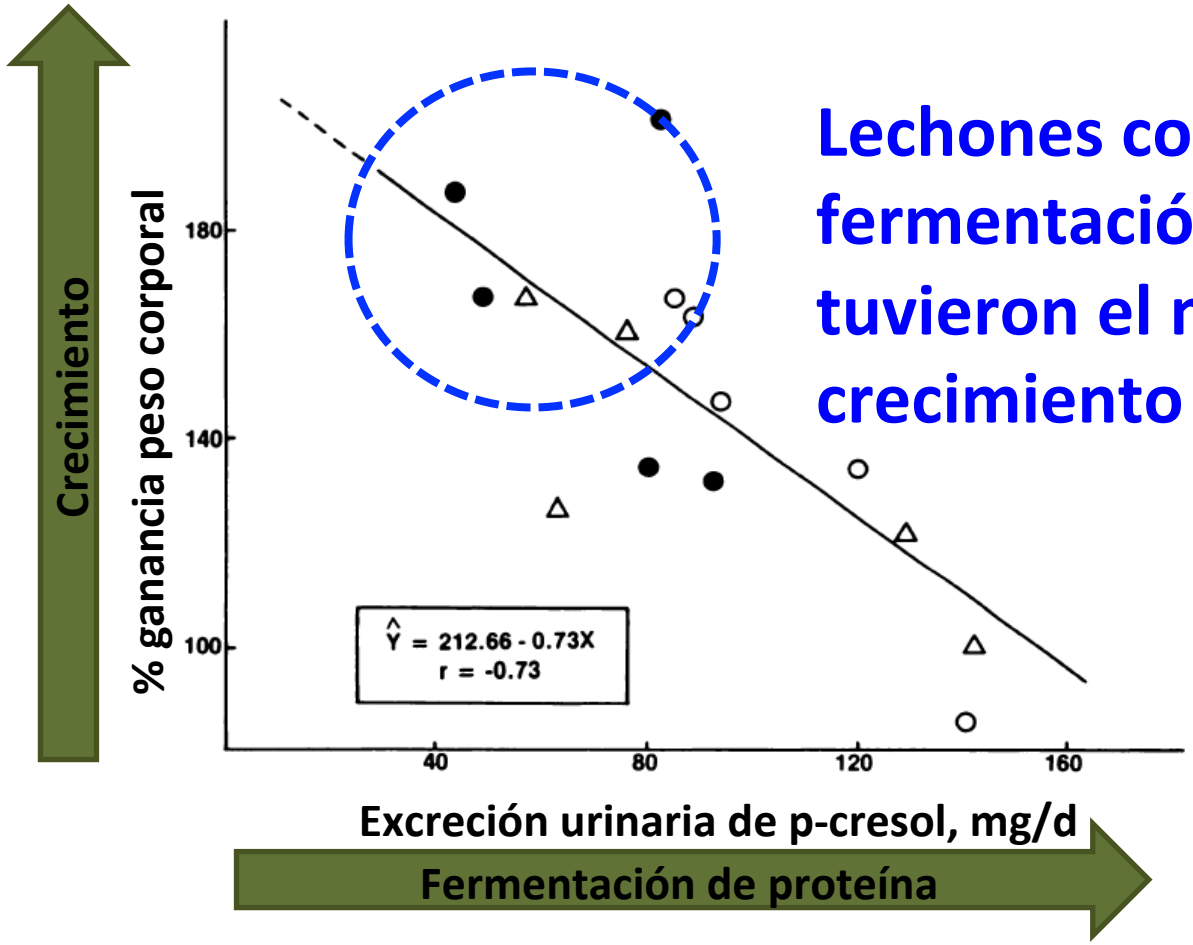
# Fermentación de aminoácidos en intestino grueso




Meijers y Evenepoel 2011; Wikipedia

# Metabolitos de la fermentación proteica bacteriana limitan el crecimiento




**Lechones con la menor fermentación proteica tuvieron el mejor crecimiento**

NOVUS

Yokoyama et al., 1982

# Preguntas importantes

- ¿Cuál es el origen de las muestras de ingredientes incluidas en la base de datos?
- ¿Cuáles son las fuentes de variación?
  - Región, variedad, año, mejoramiento genético, condiciones agronómicas, procesamiento, adulteración, contaminación, almacenaje, etc.
- ¿Cuál es la variación en el contenido de nutrientes en los ingredientes usados?
  - Medir composición durante varios períodos.

NOVUS

# ¿Cómo enfrentar las variaciones en digestibilidad de nutrientes?

- Consistencia en el proveedor de ingredientes
  - Variedad, procesamiento, almacenaje, etc.
- Los requerimientos nutricionales son normalmente distribuidos: cerdos individuales
- Usar márgenes de seguridad en la formulación
  - ¿Cuánto es mucho y cuánto es muy poco?
- Valores de tabla son una buena referencia
- Hacer análisis económico sobre la composición nutricional y desempeño animal

NOVUS

ขอบคุณ

Благодаря ви

NOVUS®
SOLUTIONS SERVICE SUSTAINABILITY™

Obrigado

Merci

감사합니다

ありがとう

谢谢

Tak

Danke Schoen

Thank You!

Gracias

Mulţumesc

მადლობა

Asante sana

Cảm ơn lắm

SOLUTIONS SERVICE SUSTAINABILITY™

# Efecto de proteína bruta sobre DIS

- Digestibilidad "real" de proteína dietética = 90%
- $IAA_{end}$ = 15 g/kg consumo materia seca
- Consumo de alimento, 1 kg materia seca

**Dieta: 8% CP**

-Consumo = 80 g PB

-PB indigestible = 8 g

-DIS = [80–(8+15)]÷80×100=**71.25%**

**Dieta: 15% CP**

- Consumo = 150 g PB

- PB indigestible = 15 g

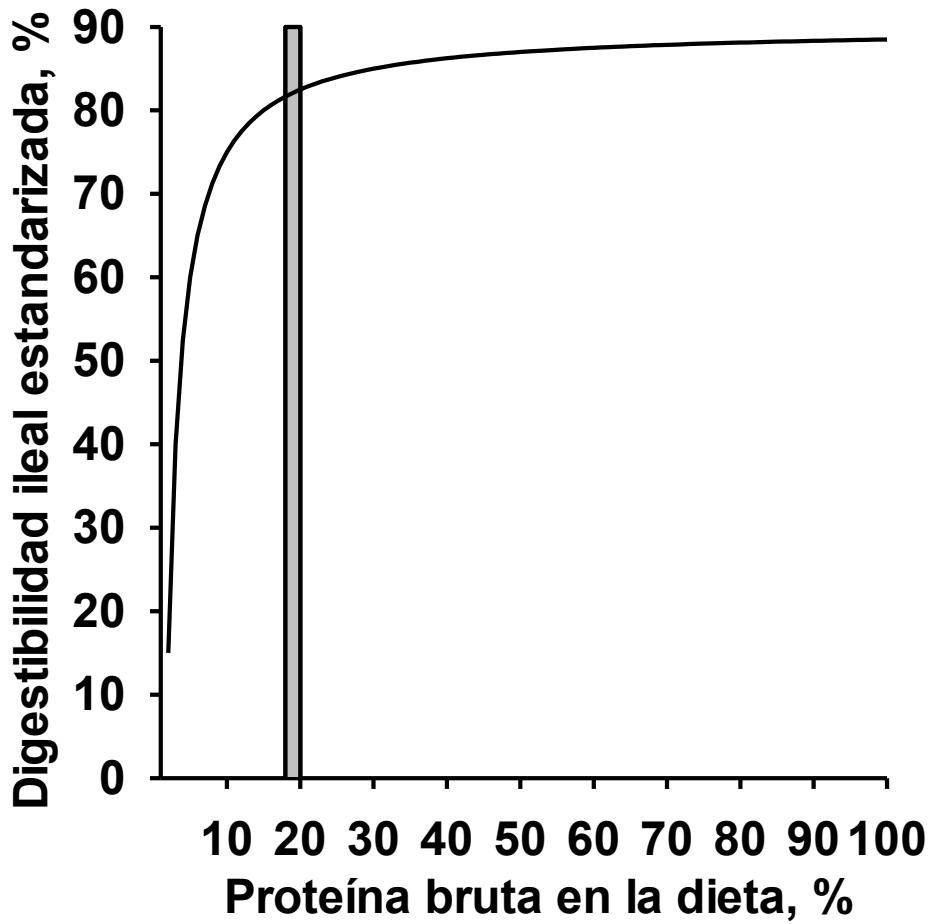
-DIS= [150–(15+15)]÷150×100=**80%**

**Dieta: 20% CP**

- Consumo = 200 g PB

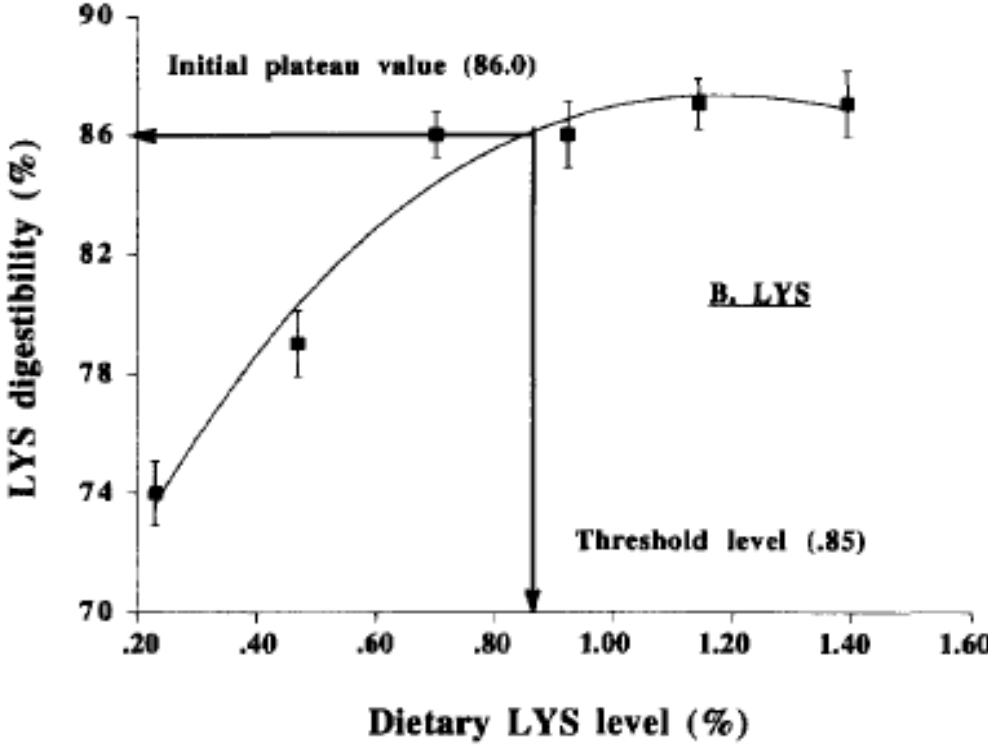
- PB indigestible = 20 g

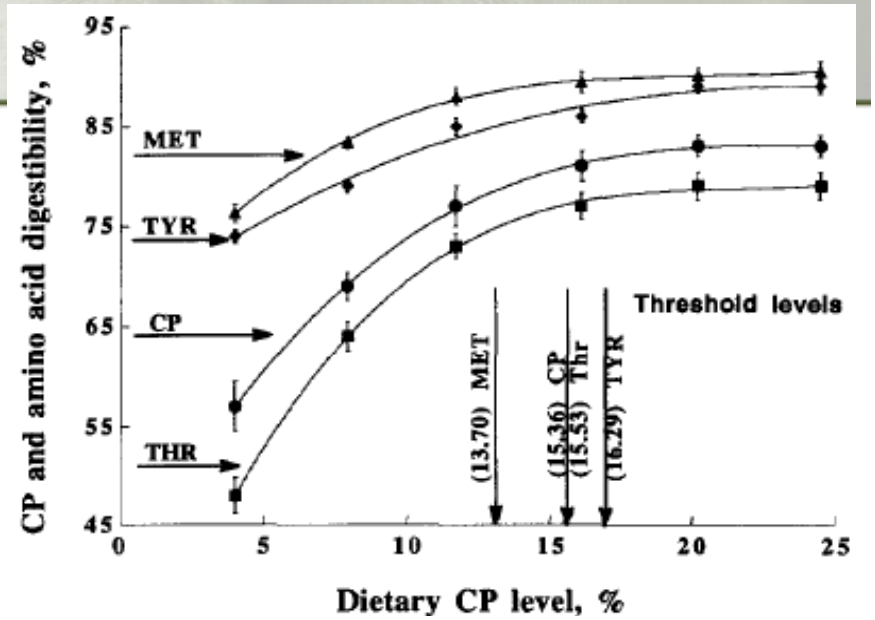
-DIS = [200–(20+15)]÷200×100=**82.5%**

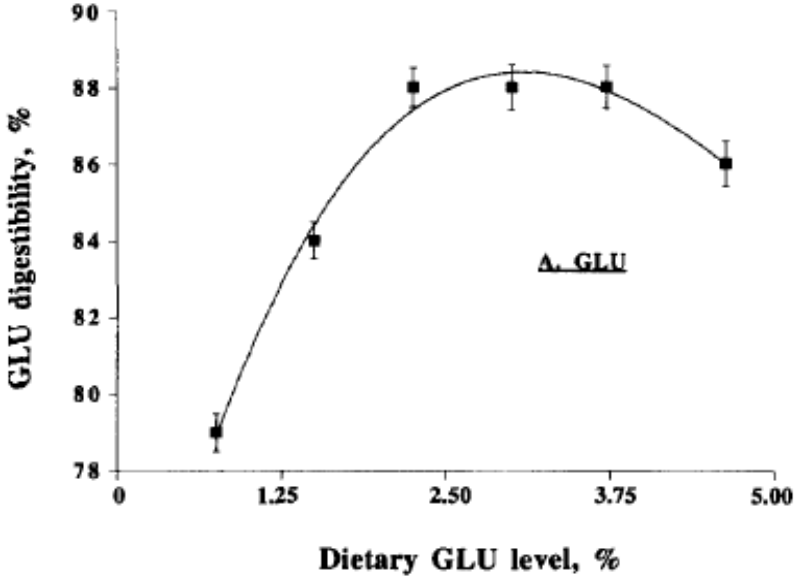



NOVUS

# Efecto de PB/AA sobre DIA




Fuente: Fan et al., 1994

NOVUS