

Efecto del Procesamiento de Alimento en el Redimiento Animal



Wilmer Pacheco
Department of Poultry Science
Auburn University

Mejora Genética y Nutrición

- Las mejoras en la selección genética han permitido que los pollos de engorde:
 - Alcancen el peso de mercado en menos tiempo
 - Sean más eficientes convirtiendo alimento en carne y huevos



1957
120 días
1.41 kg



2007
35 días
2 kg
1.55 FCR



2019
33 días
2 kg
1.40 FCR



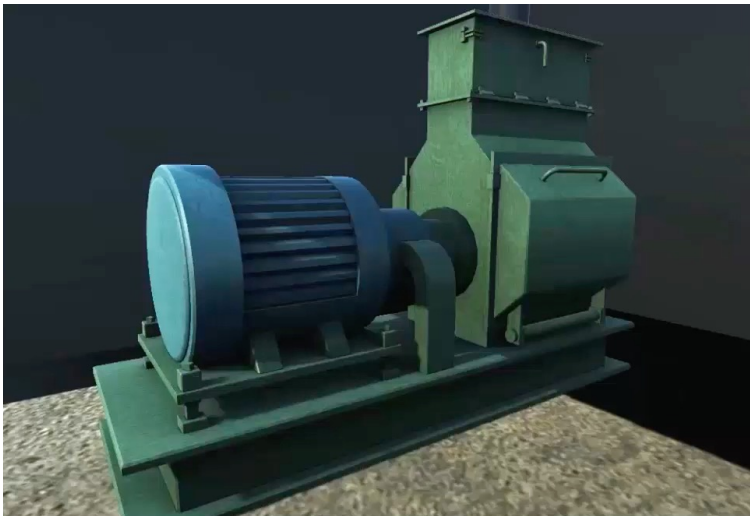
2022
32 días
2 kg
1.32 FCR



Alimento
60 to 70%

Operaciones de Molienda

- La mayoría de los ingredientes utilizados en la alimentación animal requieren algún tipo de molienda



Molino de Martillos

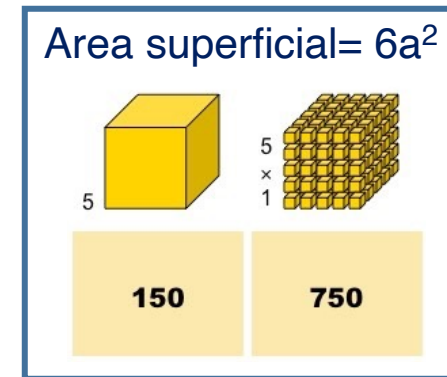
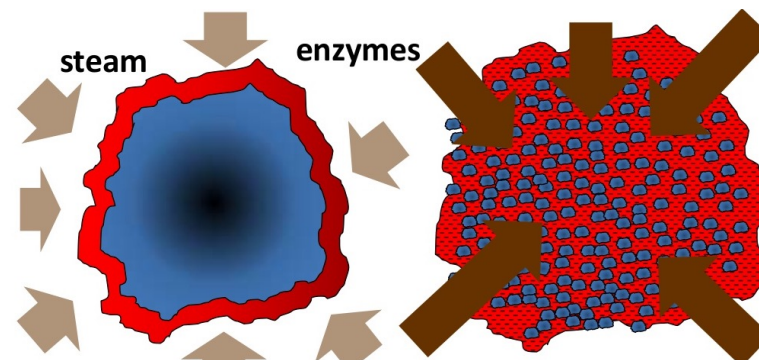


Molino de Rodillos

- Los molinos de martillos son la opción más común para las instalaciones que producen dietas peletizadas

Importancia

- Reducir el tamaño de partícula de los ingredientes
- Reducir segregación después del mezclado en dietas alimentadas en harina
- Incrementar área superficial
 - **Mayor penetración de calor y humedad durante el acondicionamiento**



- Aumentar la cantidad de materiales expuestos al sistema digestivo del animal
 - **Mejor digestión y rendimiento del alimento**
 - **Los pollos tienen su propio órgano de molienda**

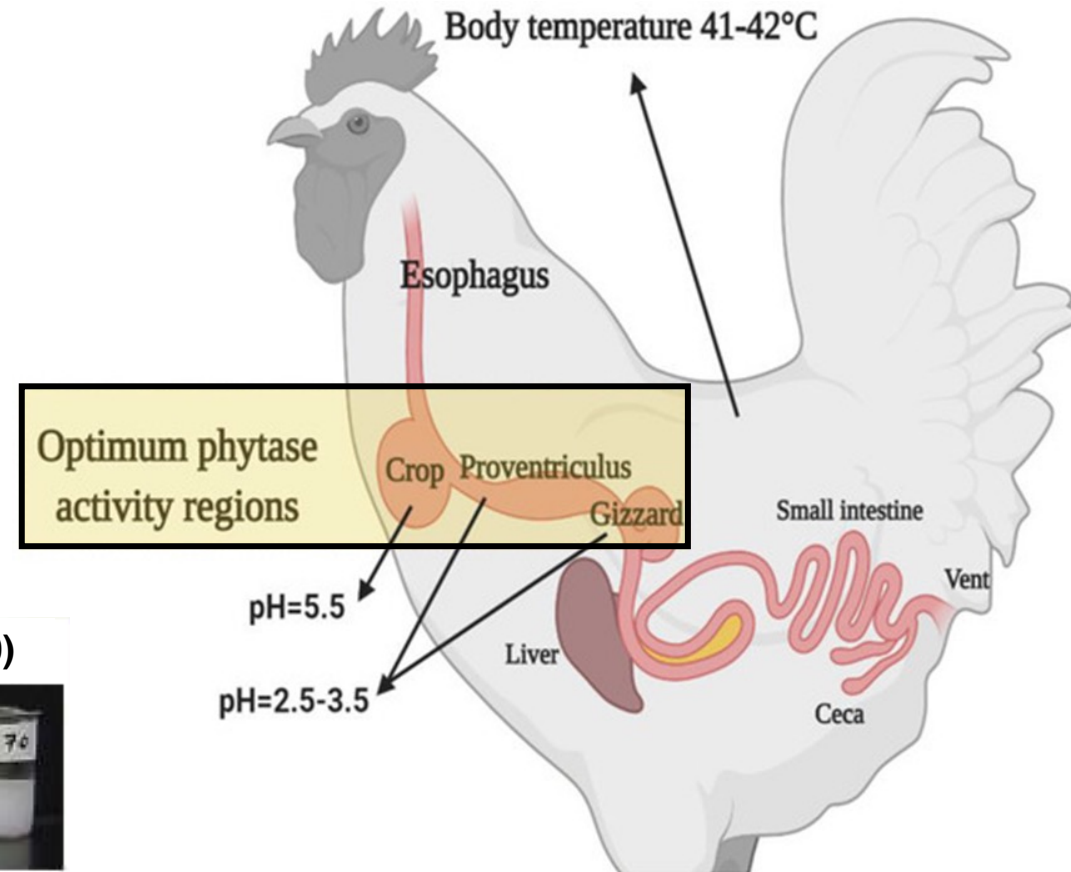
Partículas gruesas

- ***pH bajo en la molleja:***
 - *Inactiva bacterias patógenas*
 - *Mejora la solubilidad y absorción de minerales*

Phytate-calcium precipitation at different pH values (2.0 – 7.0)



Source: University of Maryland

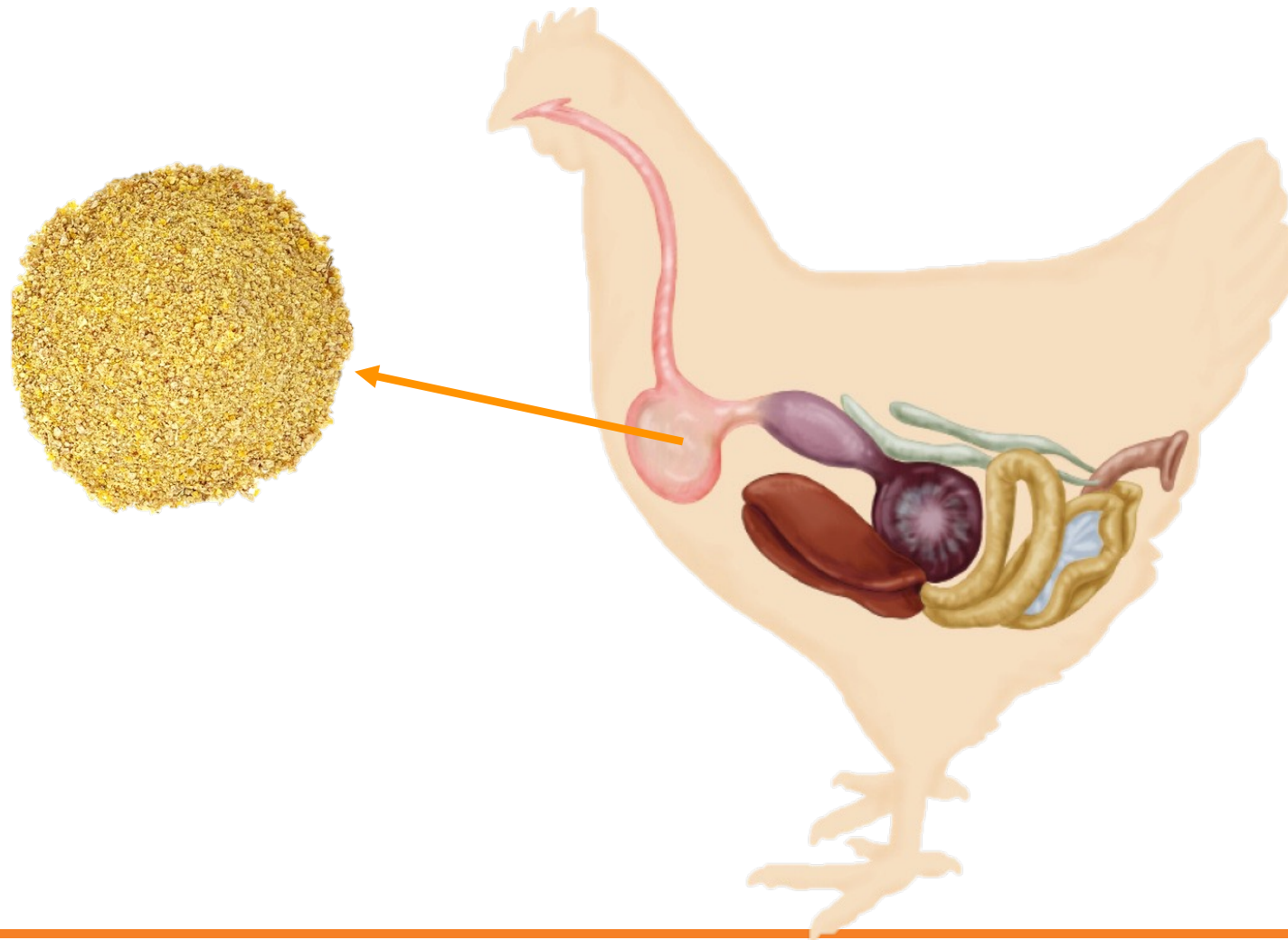


From Nezhad et al., 2020

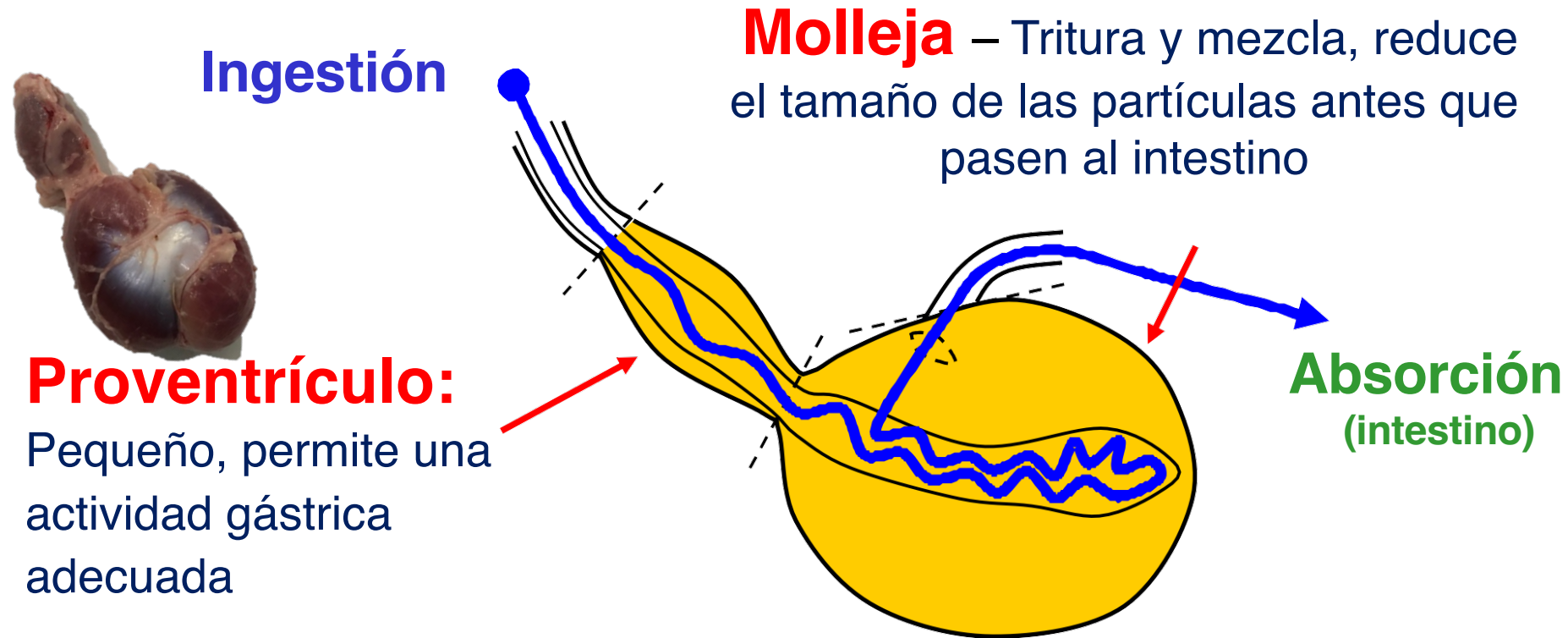
**Debemos enfocarnos en la macro estructura
sin olvidarnos de la micro estructura**



Importancia de la Micro Estructura del Pellet



Importancia de la Micro Estructura del Pellet



Partículas gruesas estimulan el desarrollo y la función de la molleja y proventrículo

Rogers, 2010

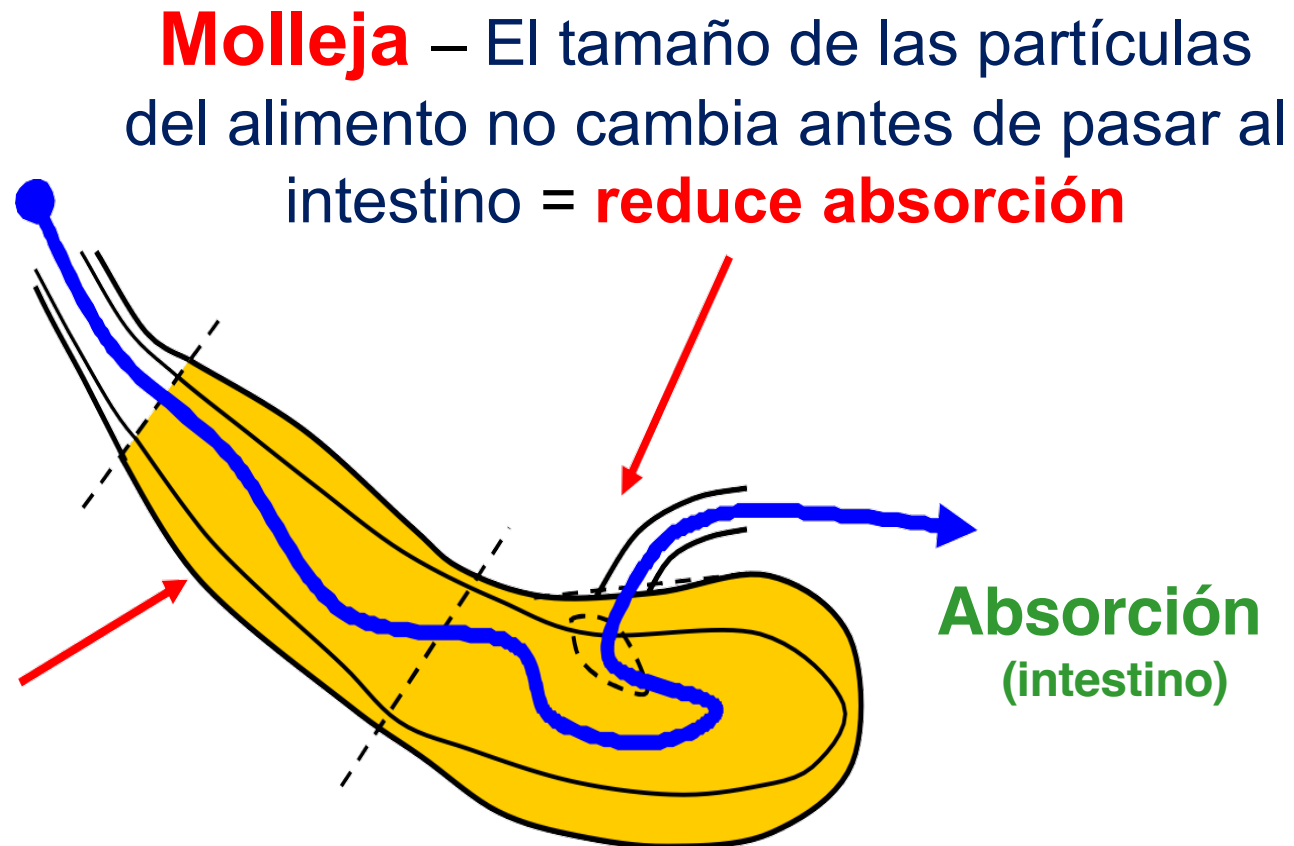
Importancia de la Micro Estructura del Pellet



Ingestión

Proventrículo:

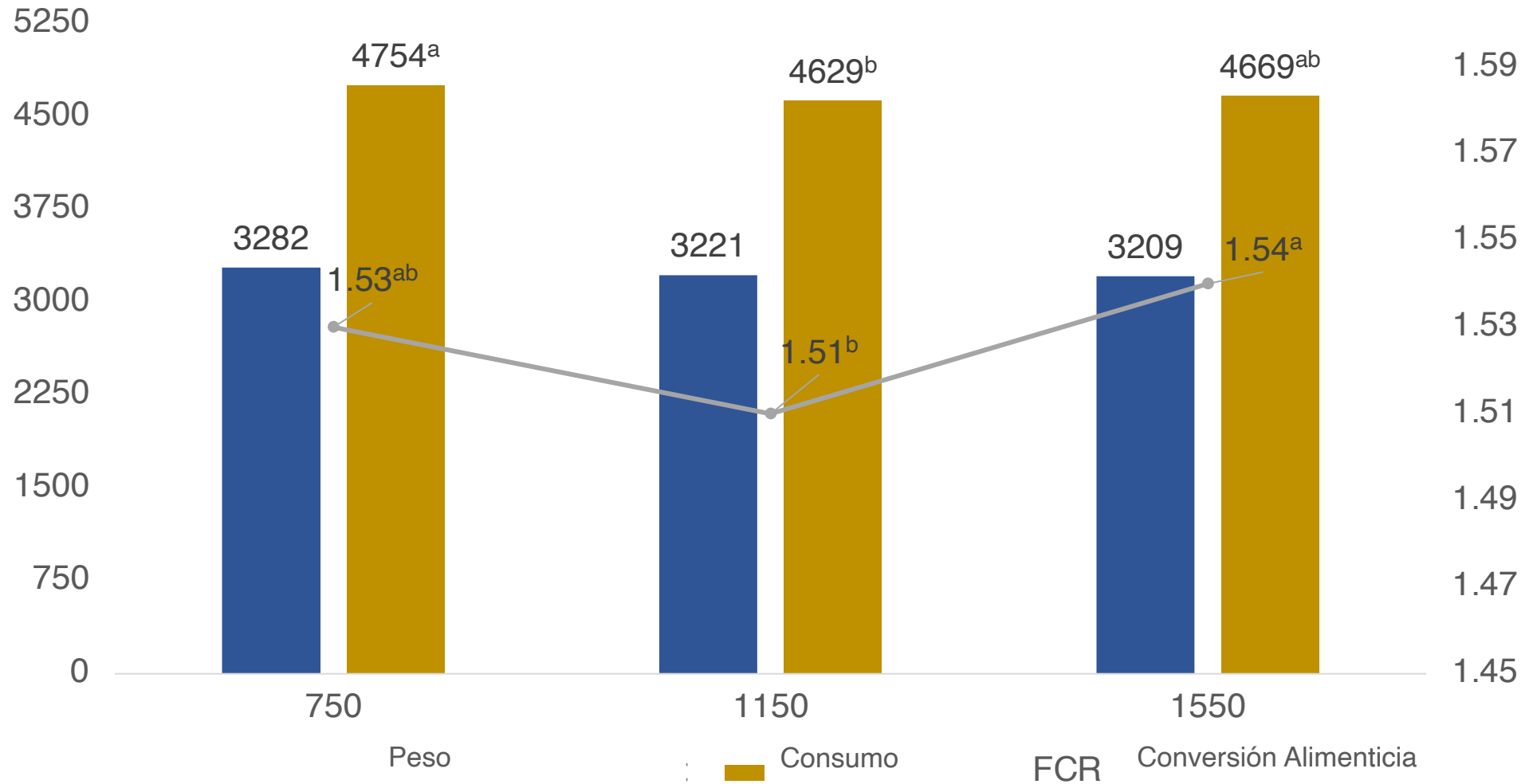
Flácido - reduce el contacto con el contenido



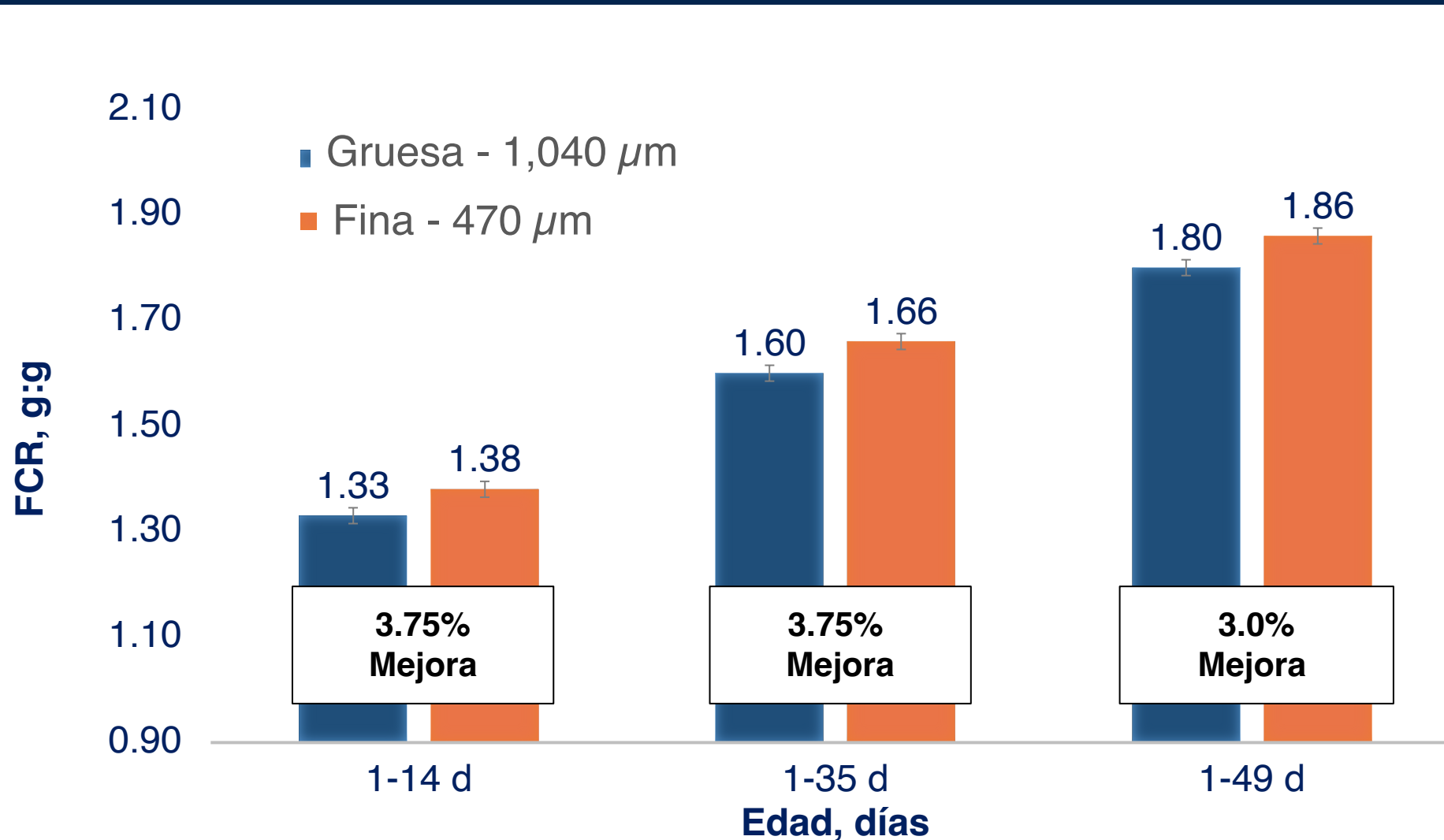
El alimento muy fino reduce la estimulación, el desarrollo y la función de la molleja y proventrículo

Rogers, 2010

Tamaño de partícula y desempeño



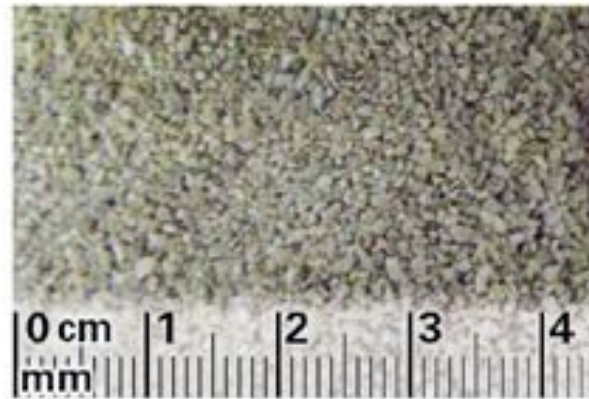
Tamaño de partícula y desempeño



Pacheco et al., 2013

Tamaño de partícula y desempeño - ponedoras

Tamaño de partícula	Inicio Engorde	Pre-postura	17-37	38-48	49-62	63-76	77+
Fina (< 2mm)	100%	50%	40%	35%	30%	25%	25%
Gruesa (2-4 mm)		50%	60%	65%	70%	75%	75%



*Revisar el contenido de magnesio en el carbonato de calcio

Hy-line Management Guide, 2018

Cual es su negocio?

Comercial



La macro estructura es super importante

Integrado

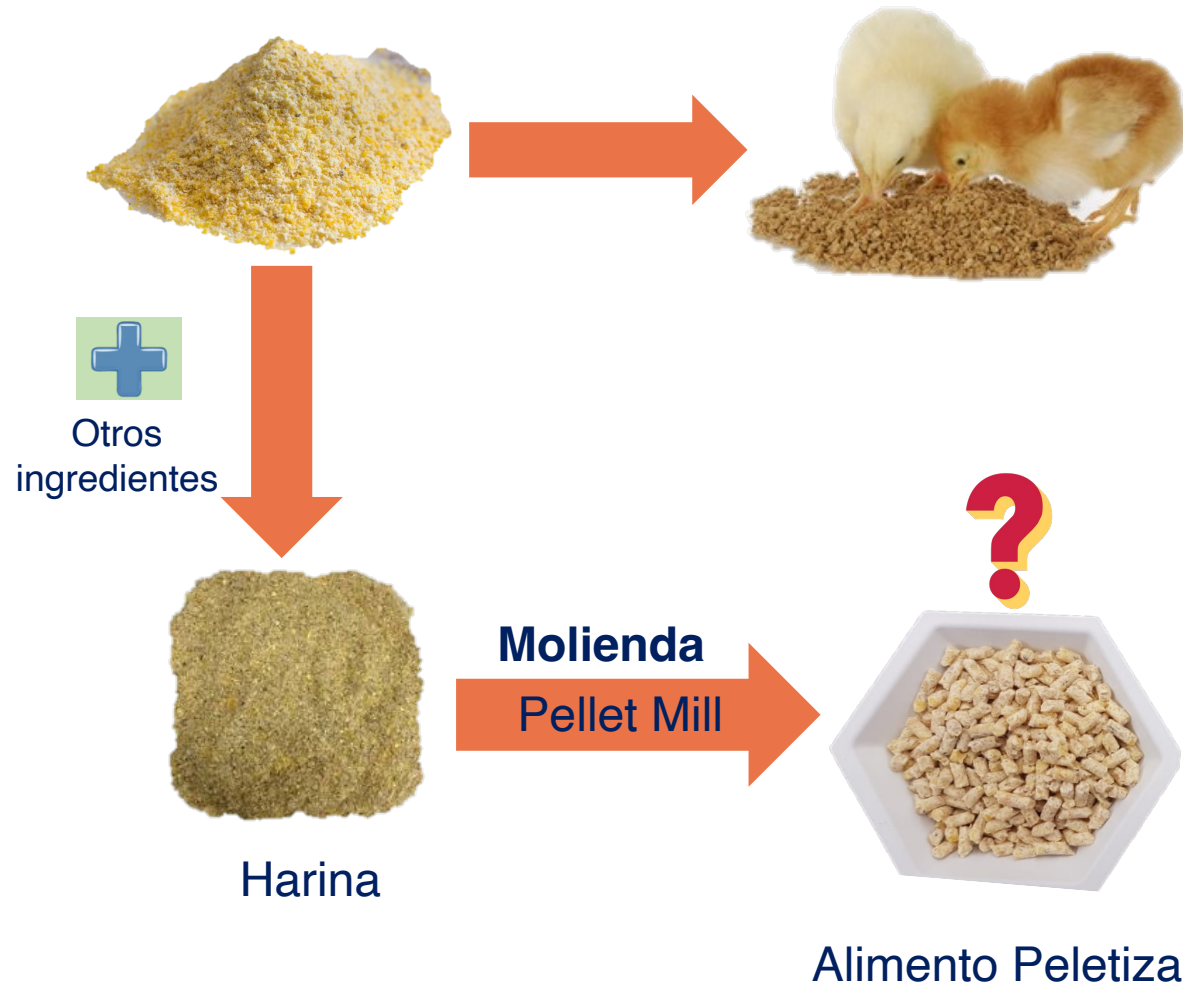


VS.

La macro estructura es importante, pero no sacrifique la micro estructura

Preste atención a otros factores que influyen en la calidad de pellet sin comprometer la micro estructura

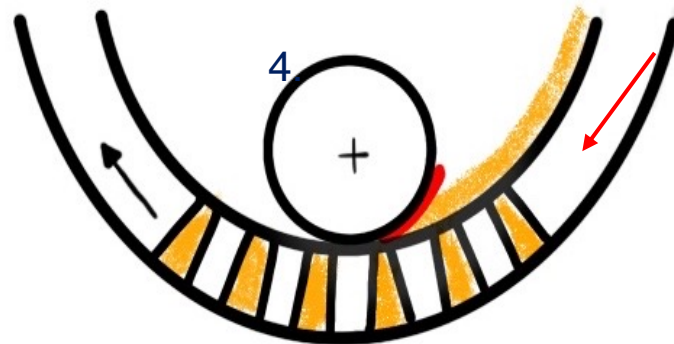
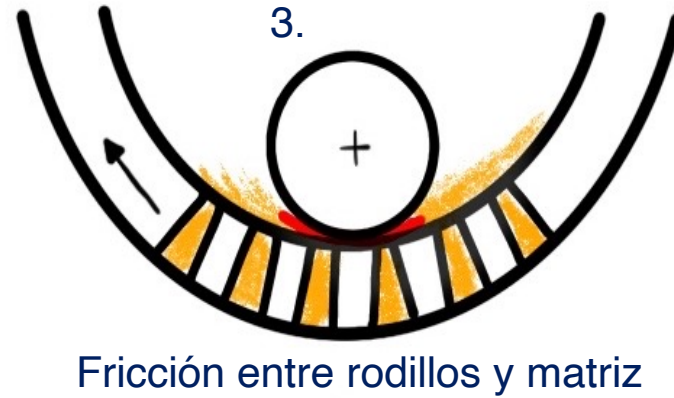
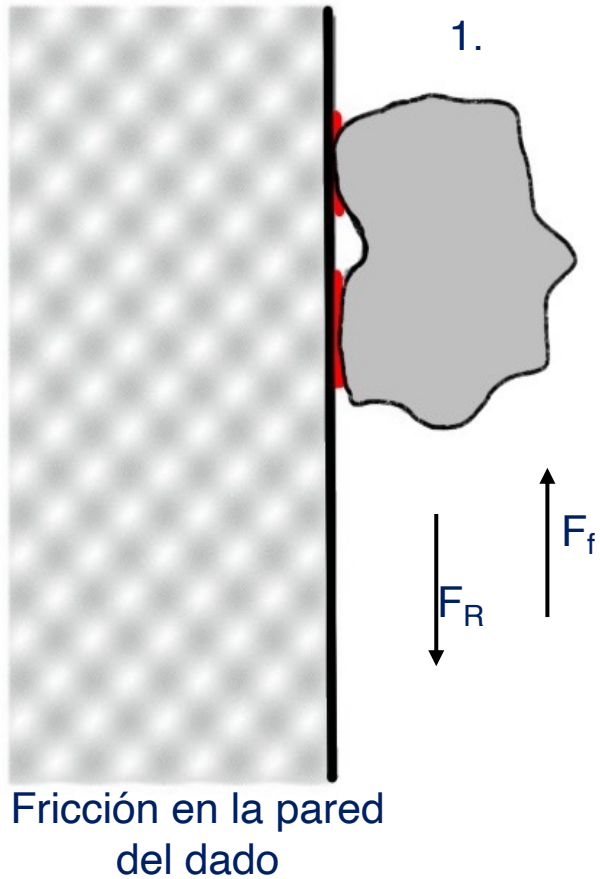
Oportunidades



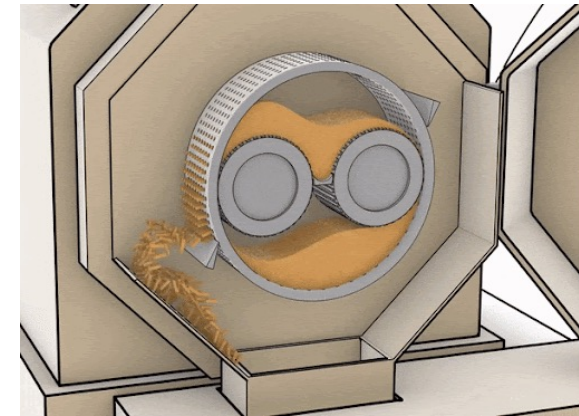
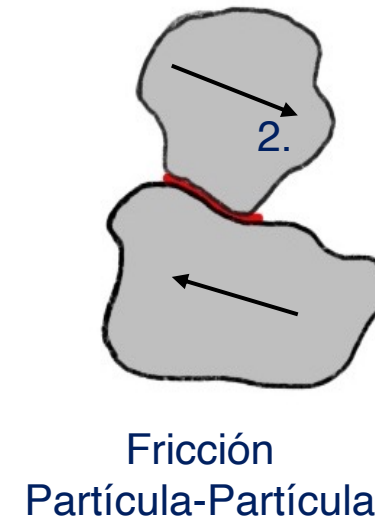
Hasta ahora, nos hemos centrado en el efecto del tamaño de las partículas de los granos de cereales o las harinas proteicas en el rendimiento de las aves

Conocer el tamaño de partícula dentro de la micro estructura del pellet puede ayudarnos a predecir con mayor precisión los requisitos de tamaño de partícula de las aves

Molienda Durante el Peletizado



Fricción a medida que el producto se introduce entre el troquel/rodillos



Ruhle, 2019

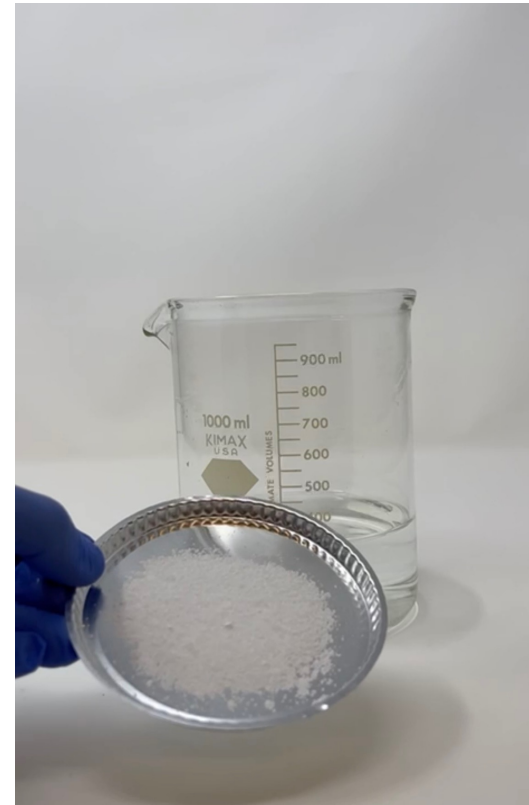
120 gramos
Pellets enteros



300 ml
Agua @ 45°C



0.5 gramos
Hexametáfosfato de
Sodio



Mezclado
10 segundos



Remover
Agua, 70 μm



Uso de papel
filtro

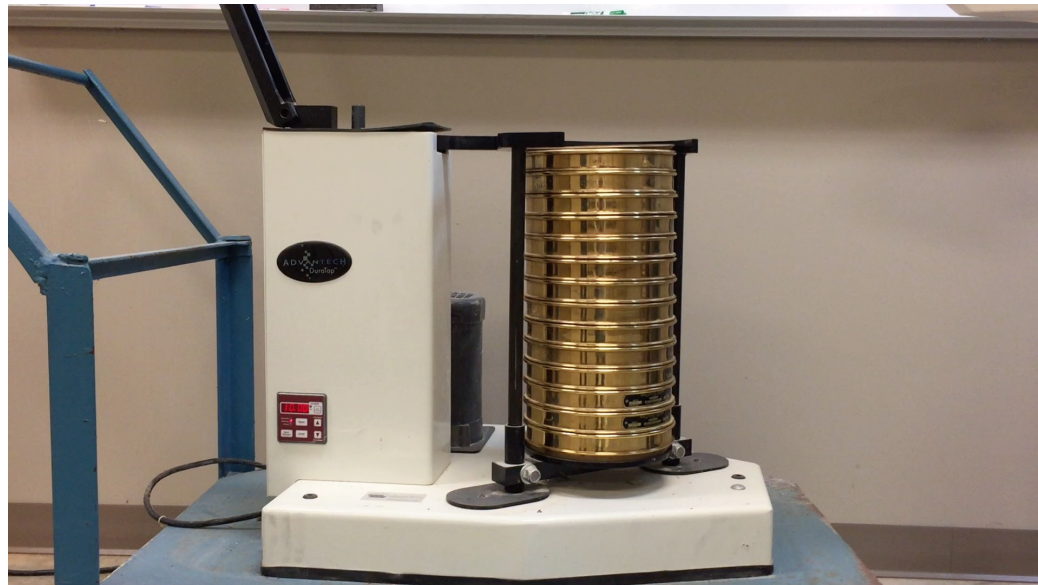


Remover exceso de
agua

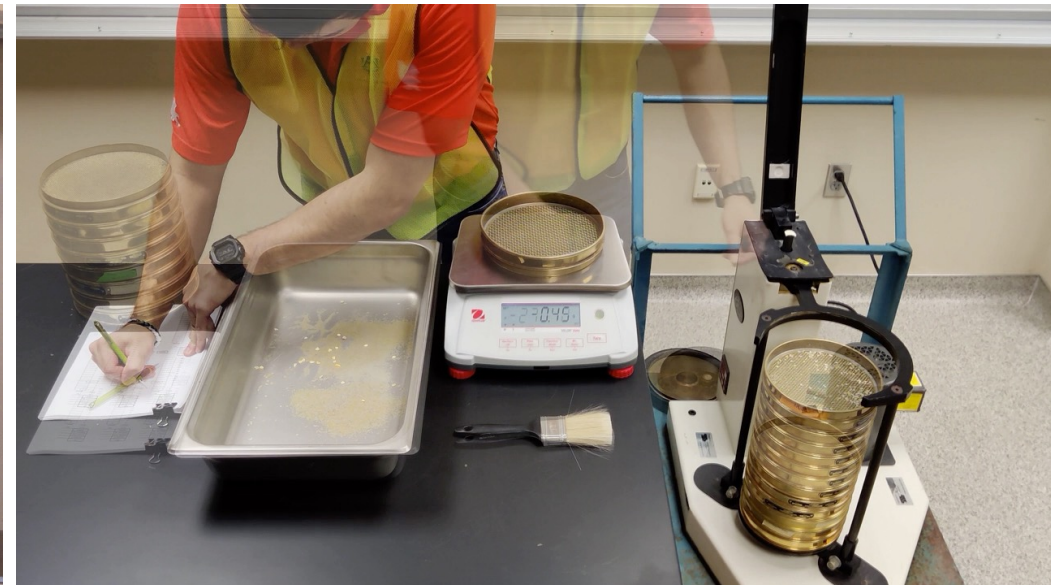




Análisis de Tamaño de Partícula



10 minutos



**Pesar el material de cada
tamiz**

Análisis de Tamaño de Partícula

Material: Maíz molido

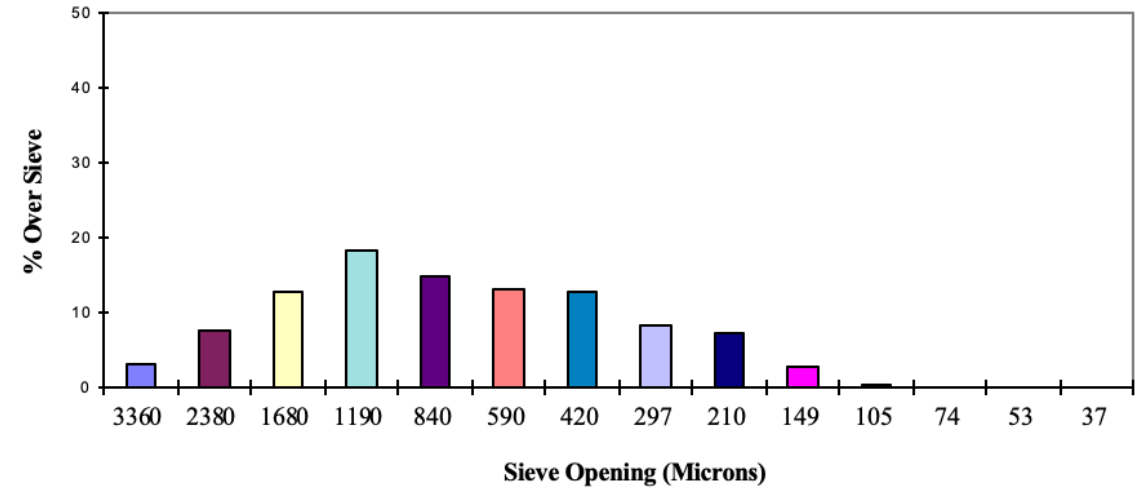
Date:

Initial Wt 113.4 g

U.S Sieve	Micron Size	Wt grams	%	% less than	log dia	wt * log dia	log dia - log Dgw	wt(log dia - log Dgw)^2
4	4760	0	0.00	100.00	3.75	0.00	0.79	0.00
6	3360	3.40	2.98	97.02	3.60	12.25	0.64	1.40
8	2380	8.70	7.62	89.40	3.45	30.03	0.49	2.10
12	1680	14.50	12.71	76.69	3.30	47.86	0.34	1.69
16	1190	20.80	18.23	58.46	3.15	65.53	0.19	0.75
20	840	17.00	14.90	43.56	3.00	51.00	0.04	0.03
30	590	14.90	13.06	30.50	2.85	42.43	-0.11	0.19
40	420	14.30	12.53	17.97	2.70	38.57	-0.26	0.99
50	297	9.20	8.06	9.90	2.55	23.44	-0.41	1.56
70	210	8.30	7.27	2.63	2.40	19.90	-0.56	2.63
100	149	2.90	2.54	0.09	2.25	6.52	-0.71	1.47
140	105	0.10	0.09	0.00	2.10	0.21	-0.86	0.07
200	74	0.00	0.00	0.00	1.95	0.00	-1.01	0.00
270	53	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00	-1.16	0.00
Pan	37	0.00	0.00	0.00	1.65	0.00	-1.31	0.00

Summation ✔ 114.10 100.00 337.73 12.88

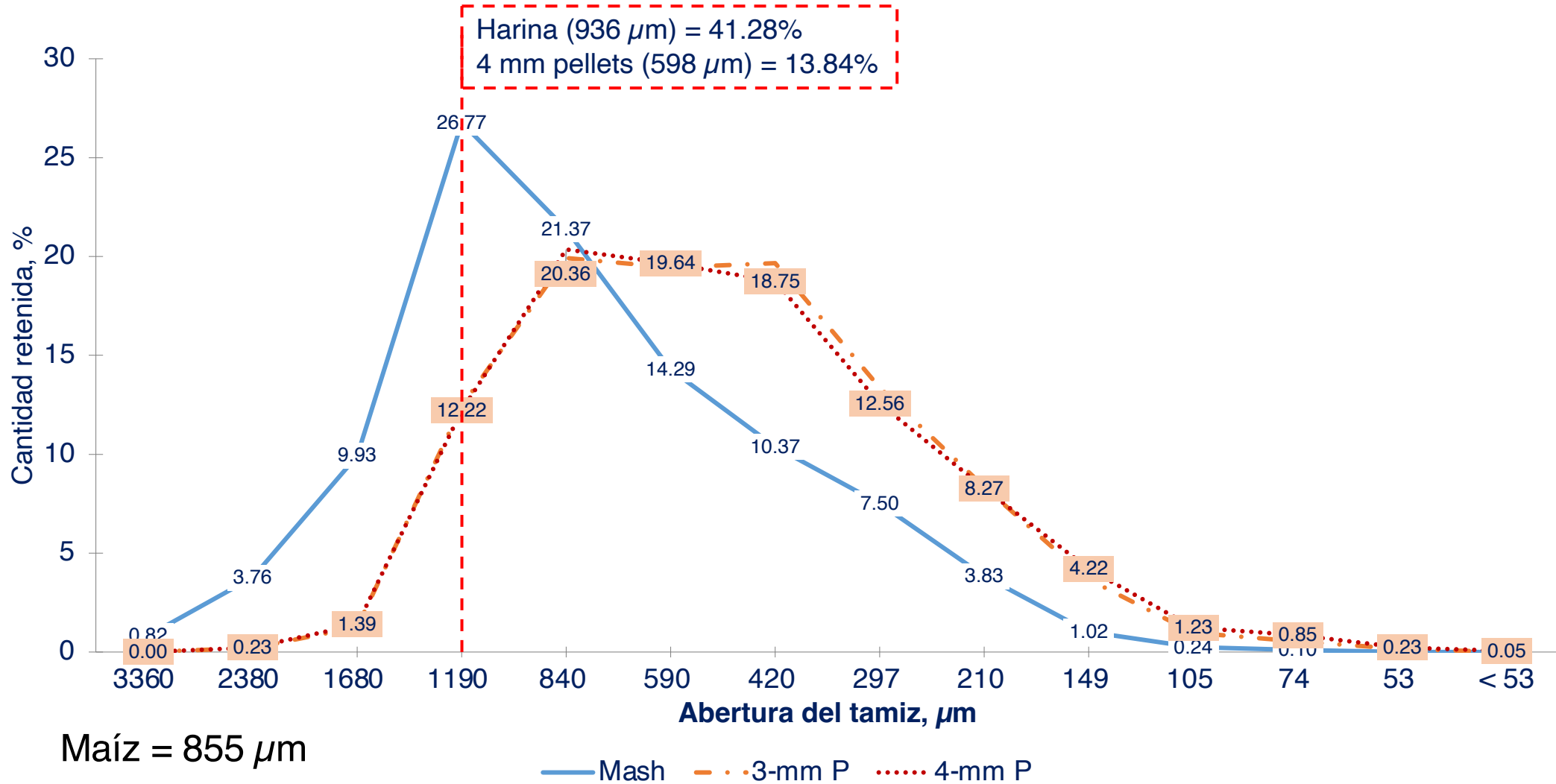
Particle Size, Dgw 912 Surface Area (cm²) / gram 67.2
 Standard Dev., Sgw 2.17 Particles / gram 14,765



VS



Análisis de Tamaño de Partícula



Comparaciones

Harina, 936 μm



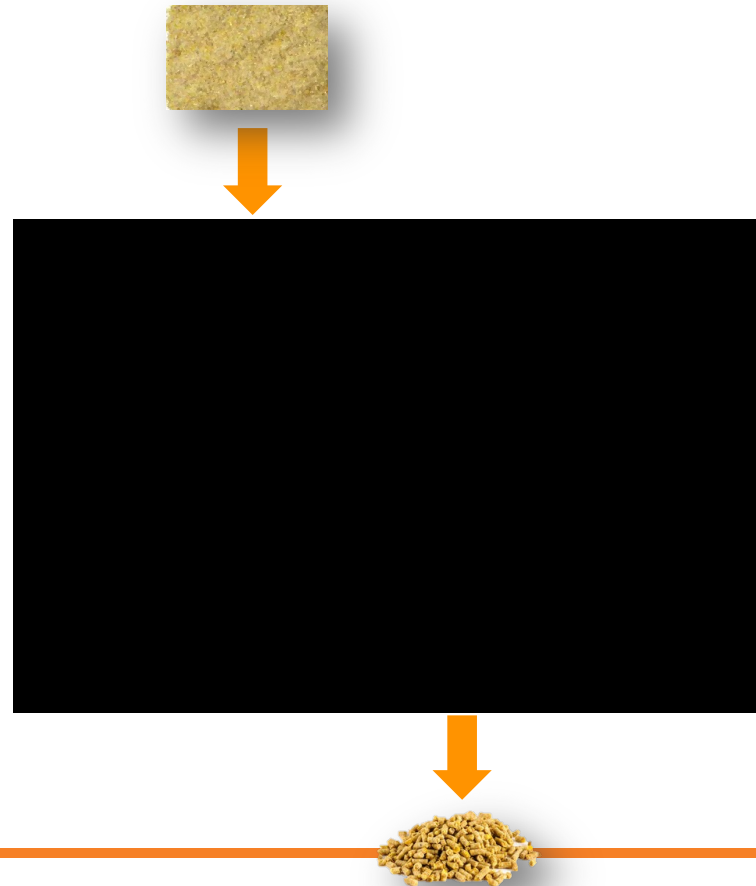
**4 mm Pellets – 598 μm
(Micro estructura)**



- **Es importante conocer el tamaño promedio de las partículas dentro de los pellets, lo puede ayudar a predecir con mayor exactitud los requisitos de granulometría de las aves**
- **Si únicamente se controla el tamaño de partícula del maíz, usar una granulometría de:**
 - **900 a 1,000 μm durante los períodos de pre-inicio e inicio**
 - **1,000 a 1,200 μm en los períodos de crecimiento y finalización**

Peletizado

- **Proceso durante el cual los ingredientes individuales o concentrados mezclados son aglomerados utilizando calor, humedad y presión**

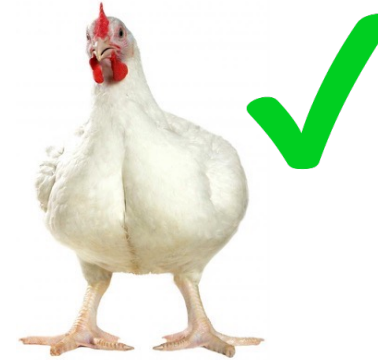


Peletizado

- Costoso
- Requiere mucho tiempo
- Causa dolores de cabeza
- Varios factores que influyen la calidad del pellet están fuera del control del personal de planta
- Mejora rendimiento animal, manejo, control microbiano
 - Reduce desperdicio, alimentación selectiva, segregación de nutrientes



Peletizado



Supongamos que el requisito de mantenimiento de estos dos pollos de engorde es: 100 kcal ME/día



Consumo de alimento = 200 kcal ME/día

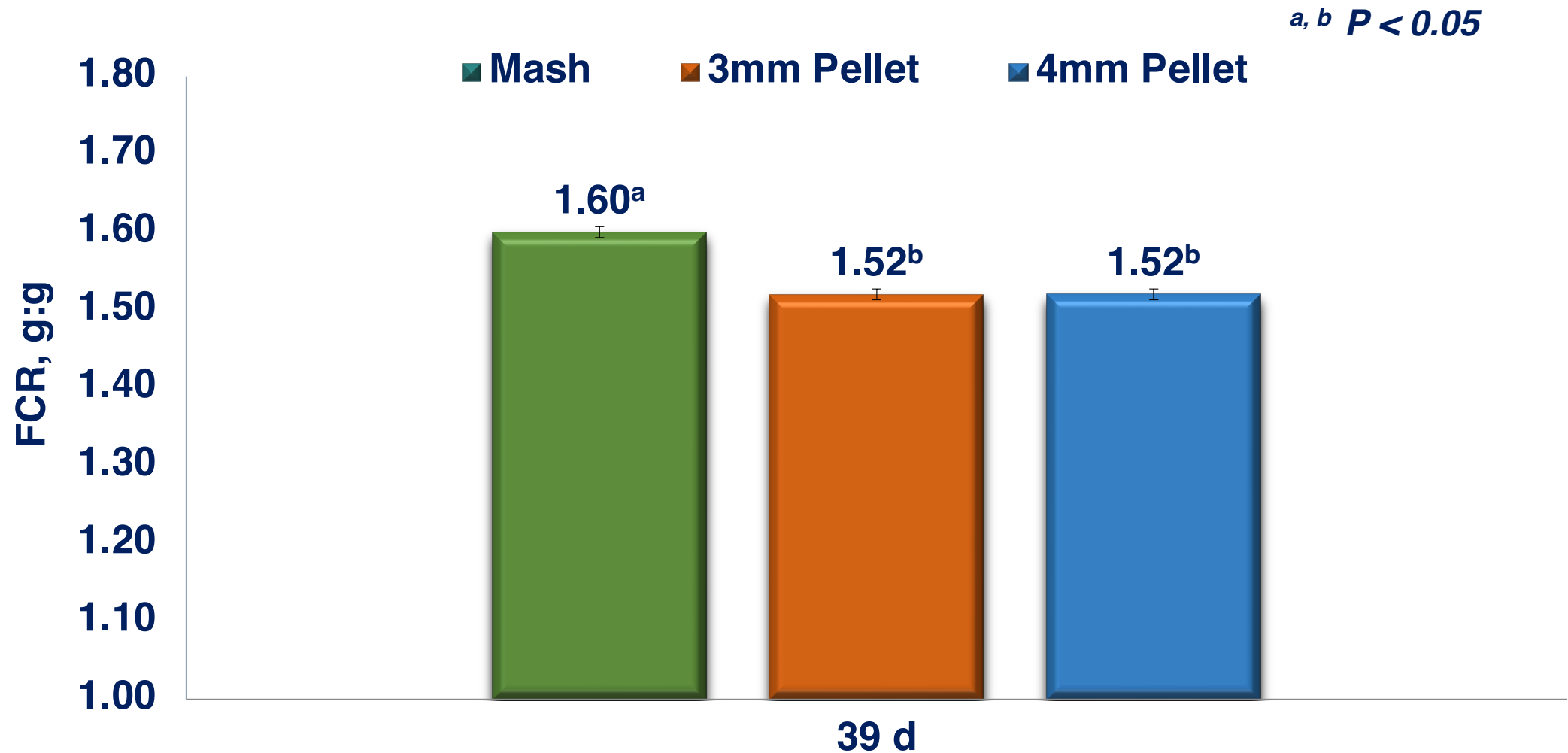
Consumo de alimento = 300 kcal ME/día

¿Cuál pollo tendrá una mayor ganancia diaria promedio y una mejor eficiencia alimenticia?

50% de calorías para mantenimiento
50% de calorías para crecimiento

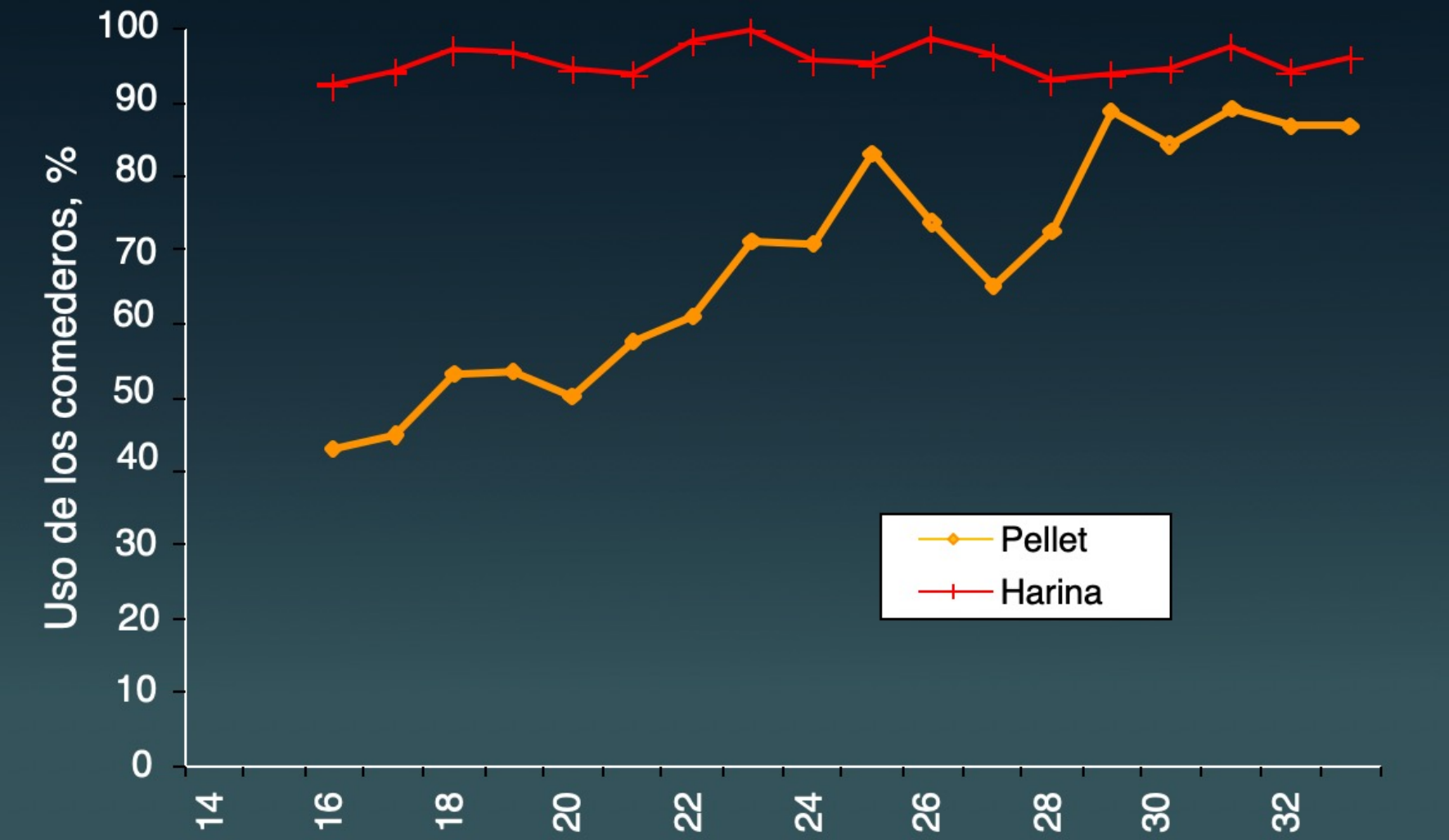
33% de calorías para mantenimiento
67% de calorías para crecimiento

FCR (g:g) a 39 Días de Edad



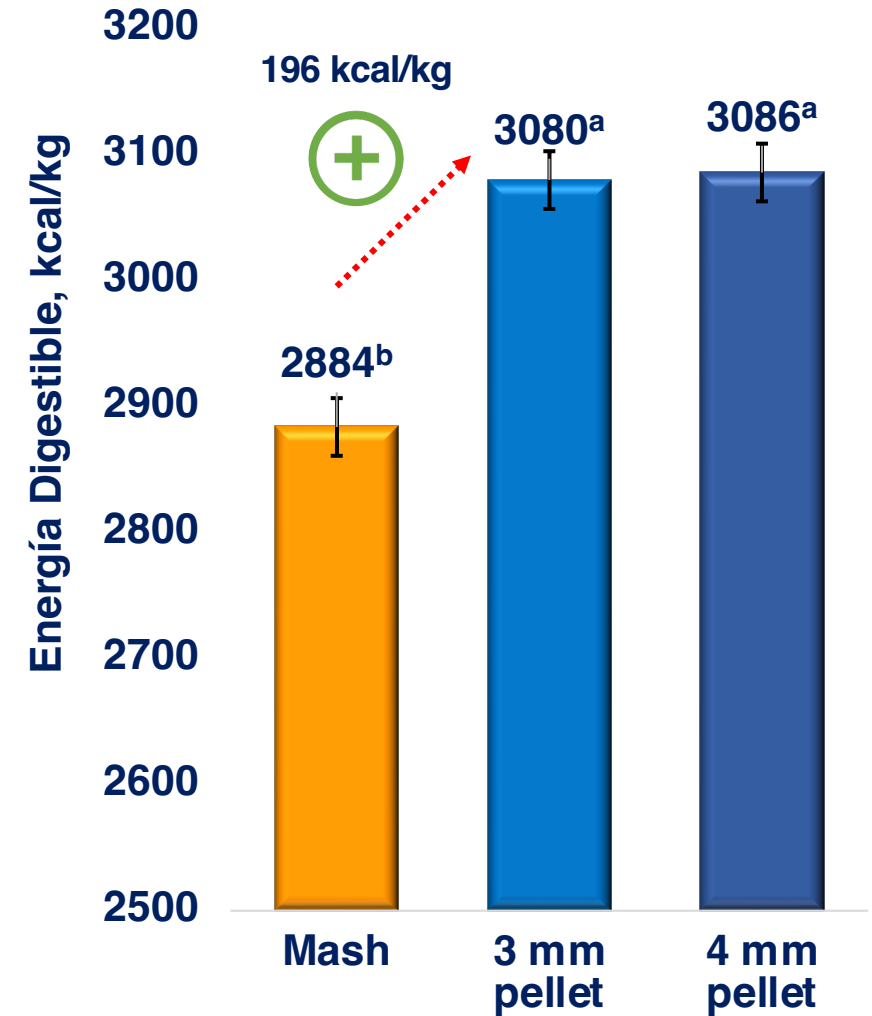
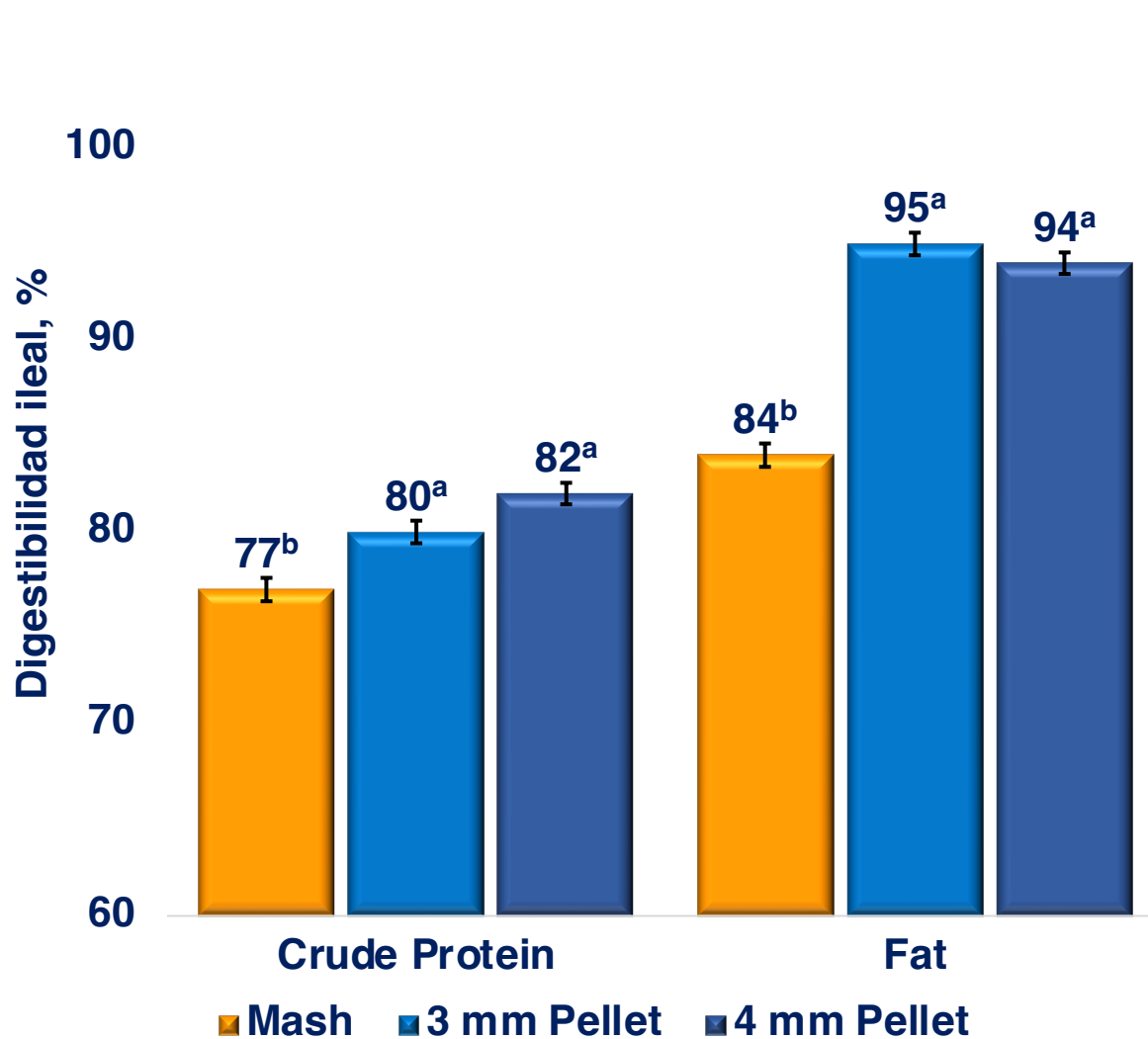
Rueda et al., 2020

Uso de Comederos



Sacranie, 2018

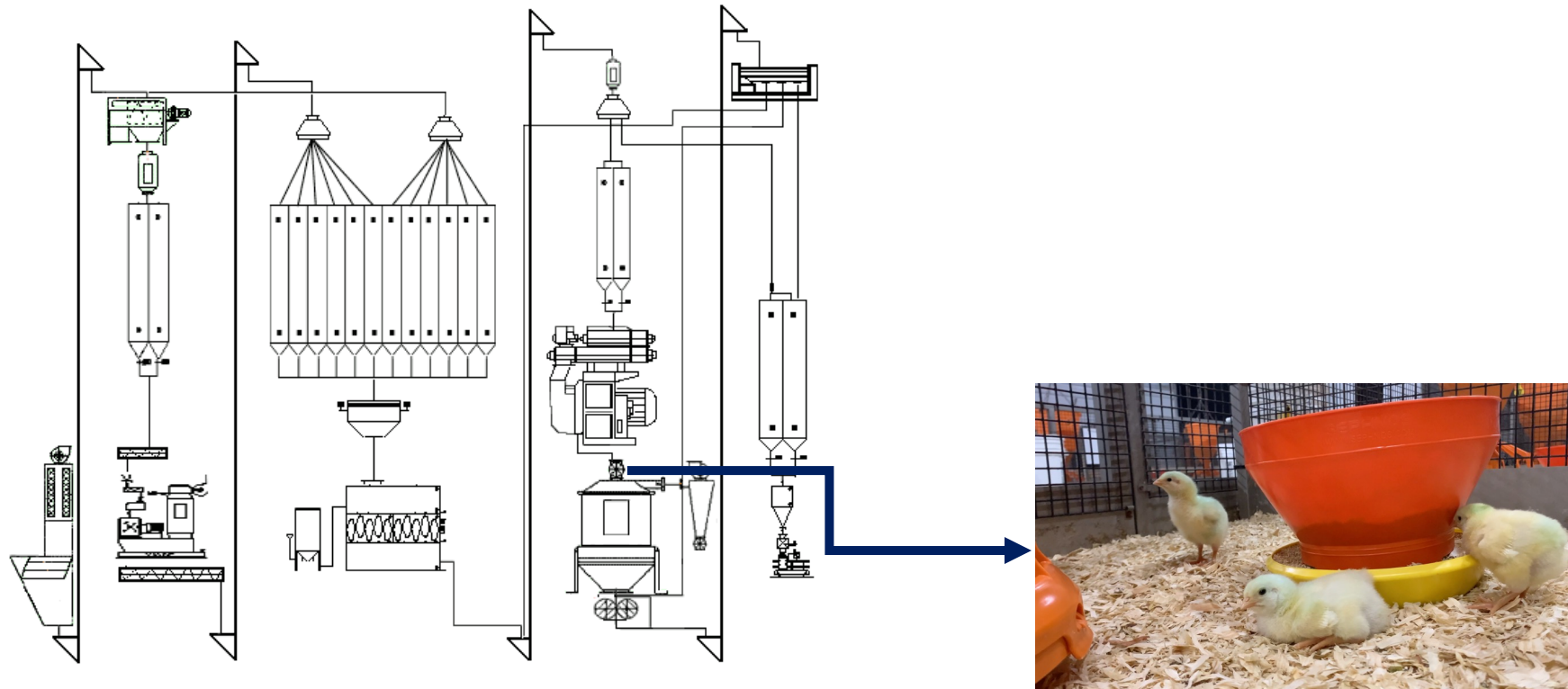
Forma del Alimento y Digestibilidad de Nutrientes



Rueda et al., 2020

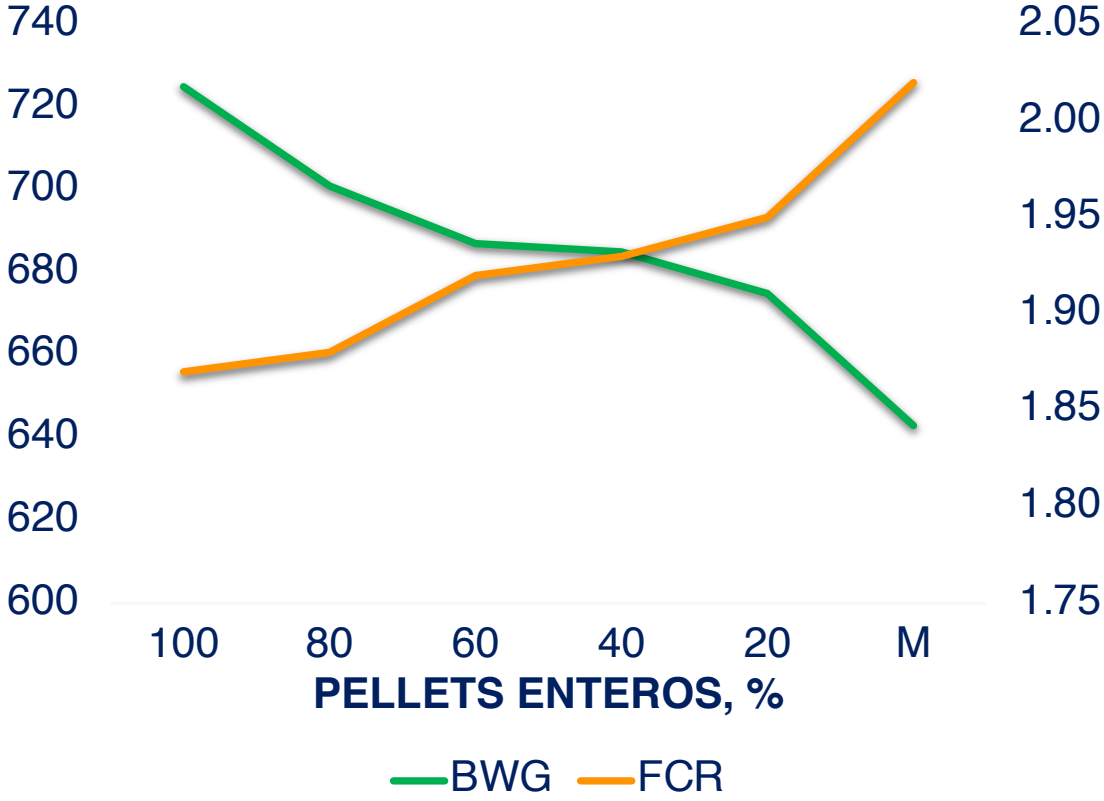
Calidad de pellet

- **Capacidad de los pellets de resistir manipulación repetida, sin la generación excesiva de partículas finas**

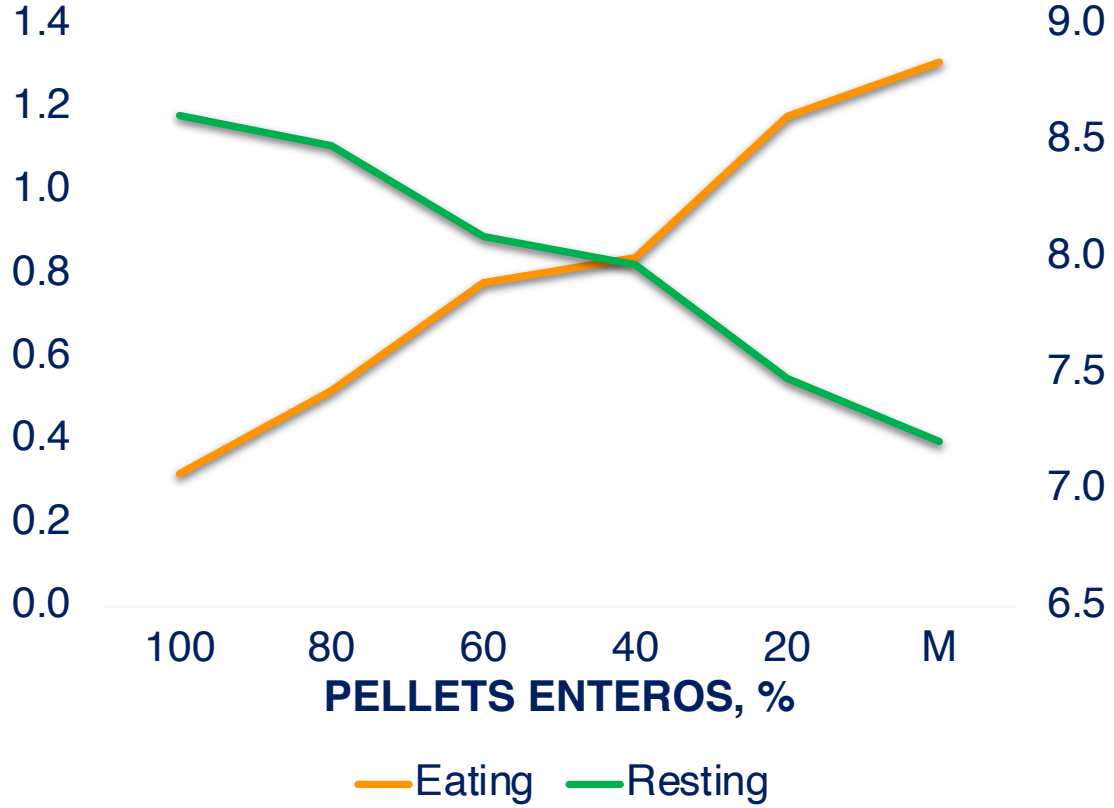


Calidad de pellet

Crecimiento

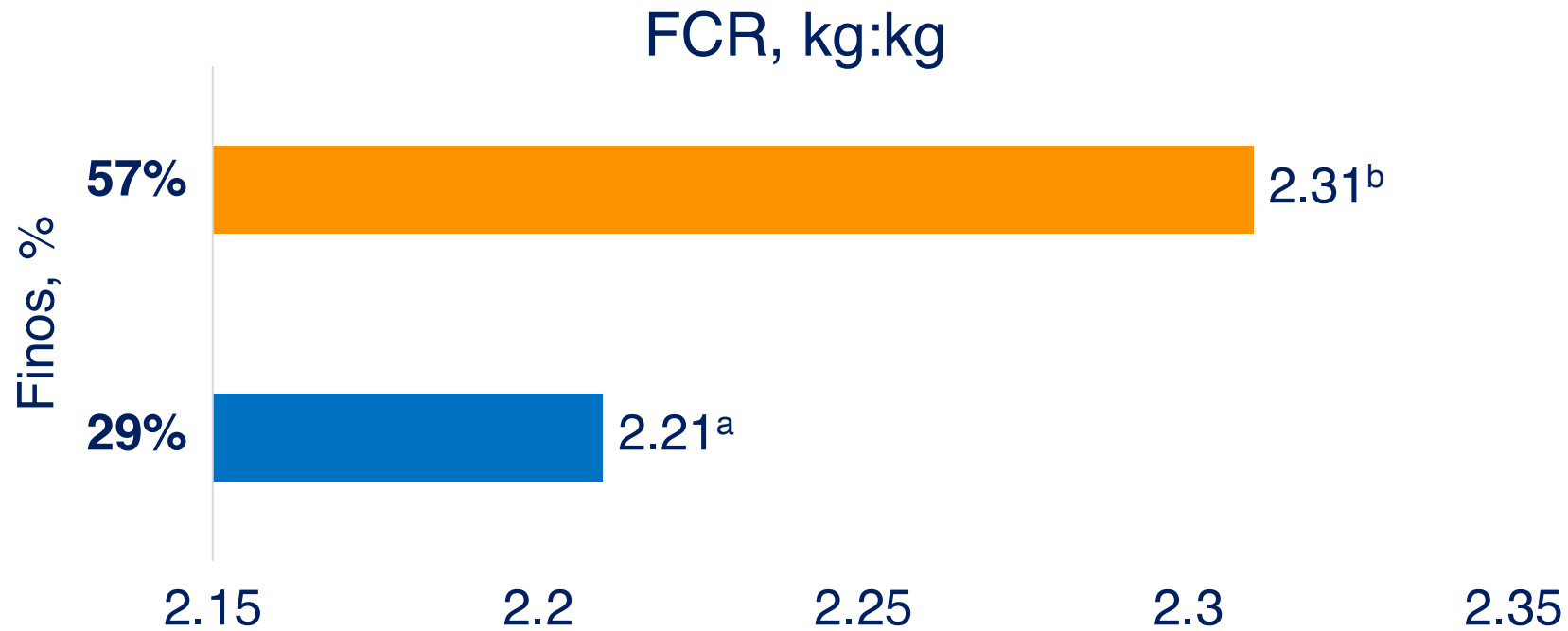


Comportamiento



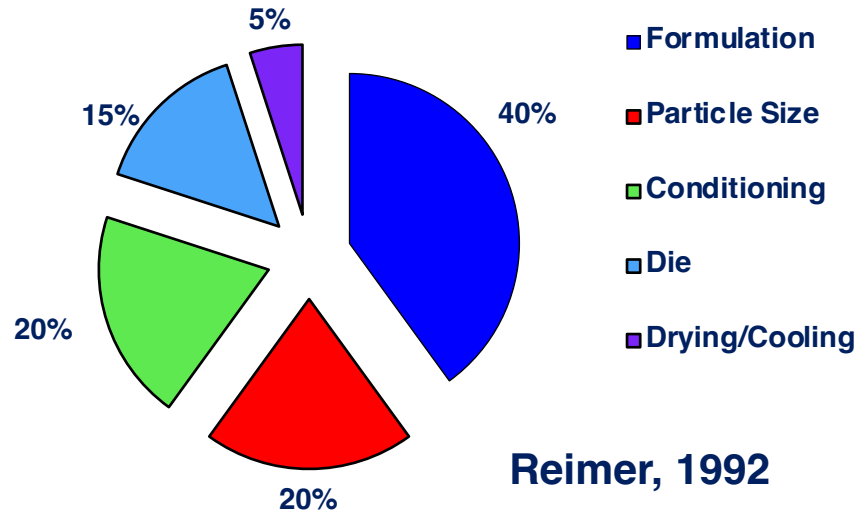
McKinney et al., 2004

Calidad del Pellet Pavos de 20 semanas



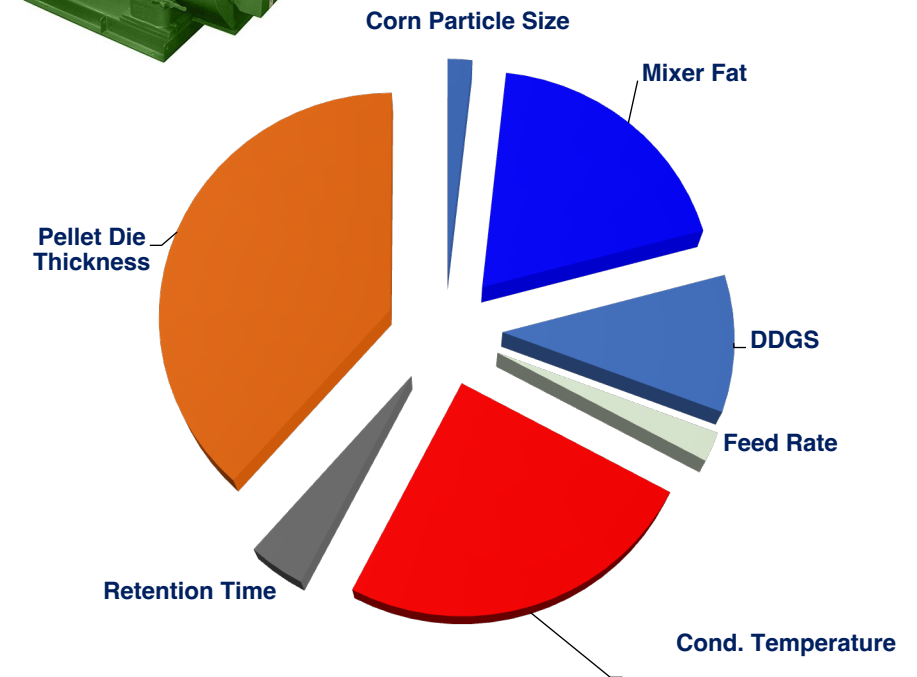
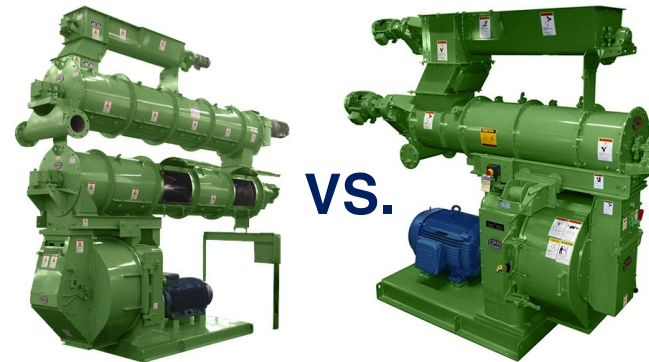
Flores et al., 2018

Factores que Afectan Calidad de Pellet



Reimer, 1992

Que posiblemente cambio en tamaño de partícula?



Fahrenholz, 2012

Factor	Niveles	Unidad	Mejora (%)
Tamaño de partícula del maíz	462 298	μm	0.5
Grasa en la mezcladora	3 1	%	5.4
DDGS	10 0	%	2.8
Tasa de producción	2 1.5	Tons/hr	0.6
Temperatura del acondicionador	65 85	$^{\circ}\text{C}$	7.0
Tiempo de retención	30 60	Segundos	1.1
Grosor del dado	5.6 8.0	L/D ratio	10.9

Factores que Afectan Calidad de Pellet

Grasa, %		Parametros de producción		
Mezcladora	Post-pellet	Finos, %	Tasa de producción, tph	Consumo de energía, kWh/t
1.0	4.7	18.0	11.6	11.0
2.0	3.7	22.0	12.1	9.7
3.0	2.7	29.2	13.2	8.7
4.0	1.7	31.6	13.2	7.9
5.3	0.3	50.8	-	-

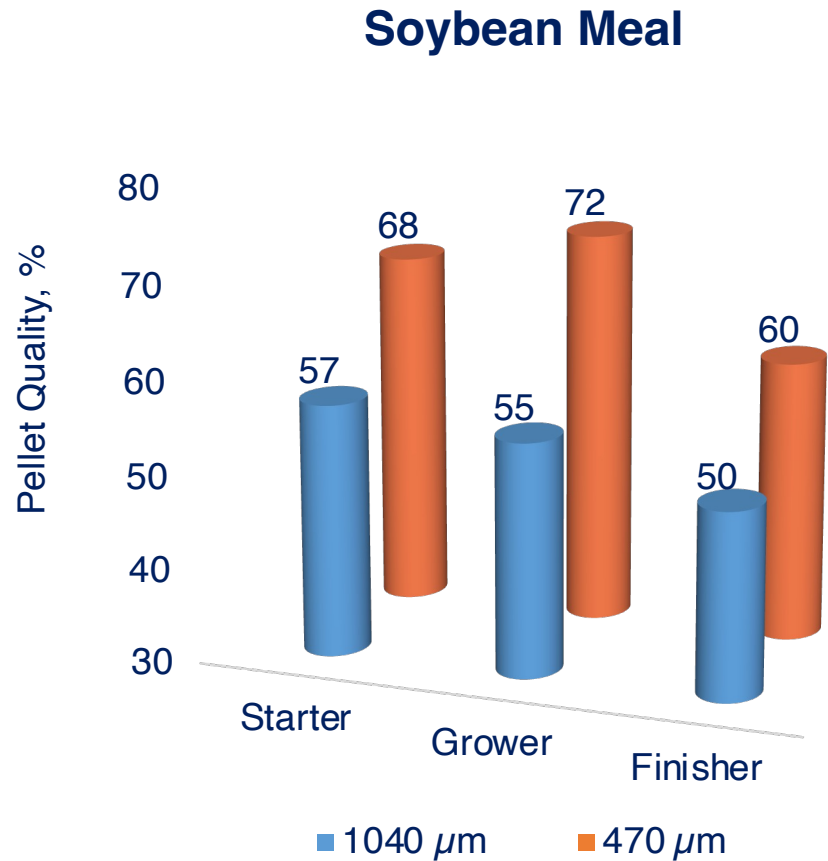
Richardson and Day, 1976

Mezcladora	Post-pellet	Finos, %	PDI, %
4.5	0	50.8	46.9
2.0	2.5	37.9	73.7
1.0	3.5	20.2	88.0

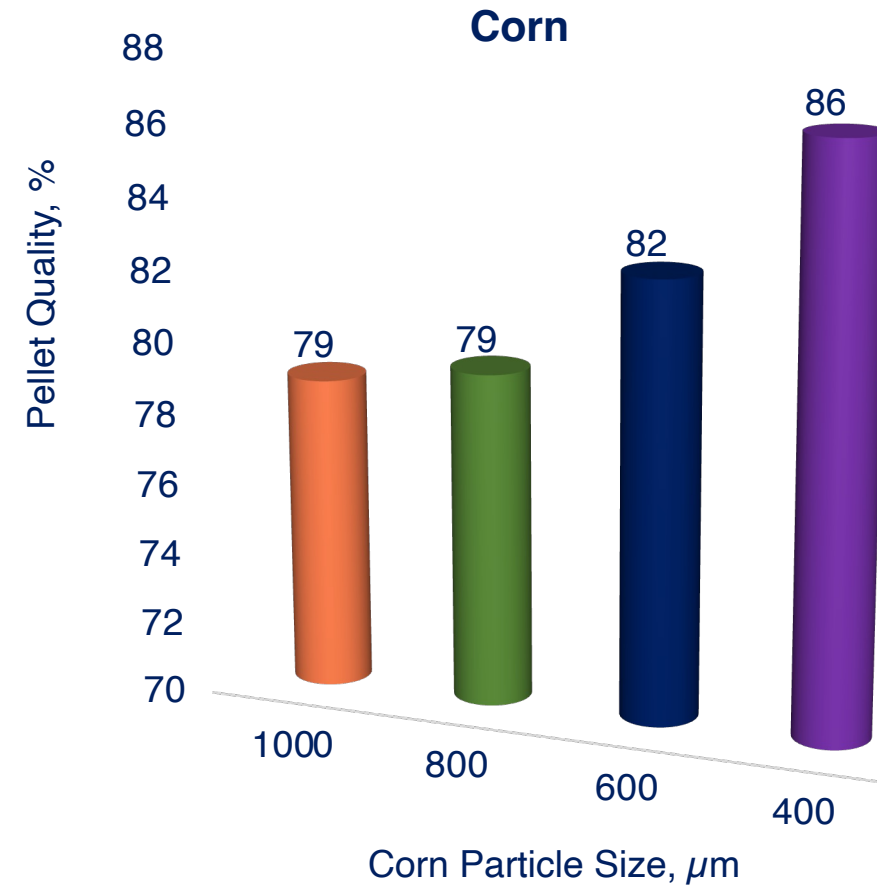
Manangi et al., 2019

Factores que Afectan Calidad de Pellet

Tamaño de partícula



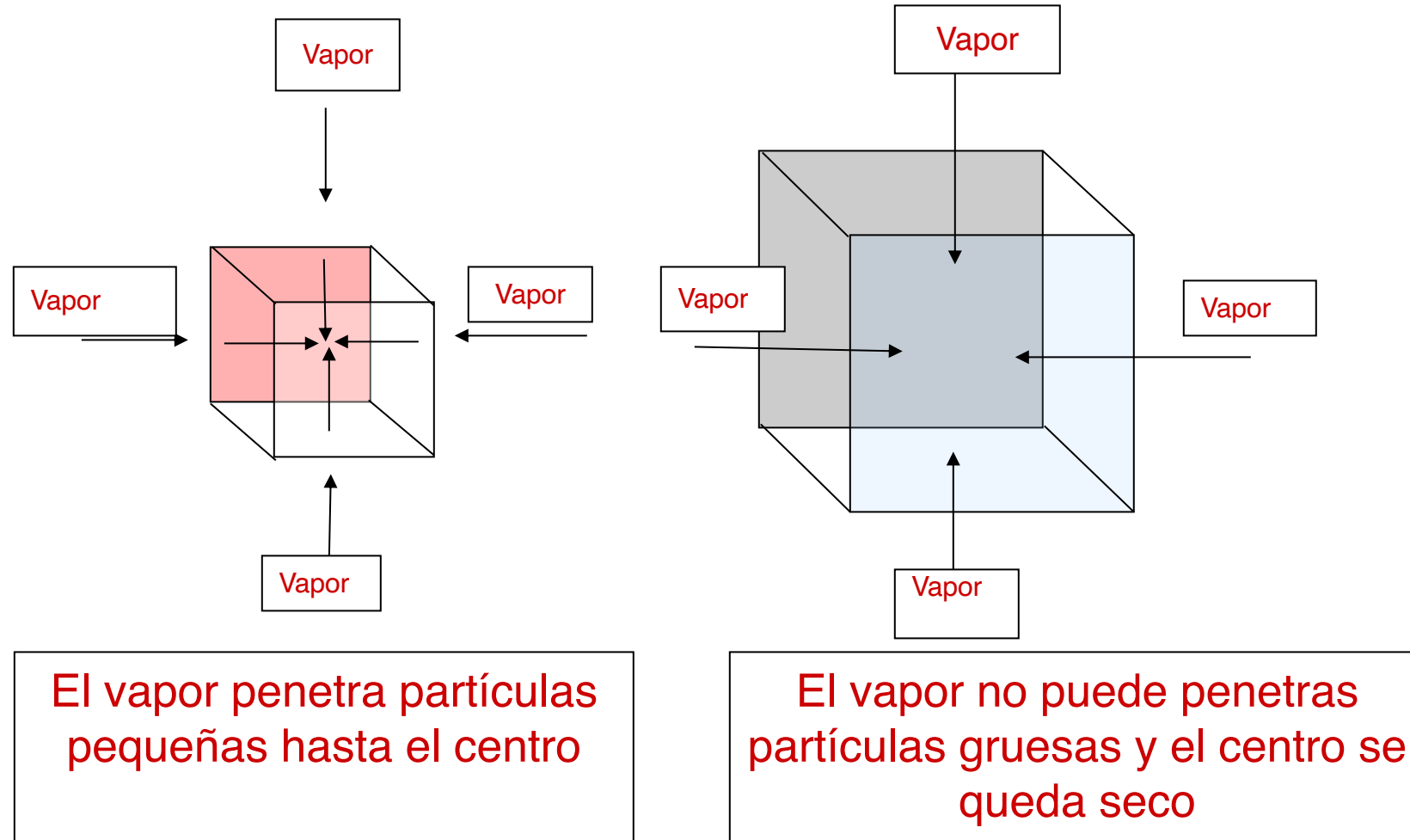
Pacheco et al., 2013



Wondra., 1995

Factores que Afectan Calidad de Pellet

Tamaño de partícula



Tiempo de Acondicionamiento y Llenado

- **Importante para la transferencia de calor y humedad al centro de las partículas**
 - **Doble acondicionador = 40 a 60 segundos de tiempo de retención**
 - **Monitoree el llenado**

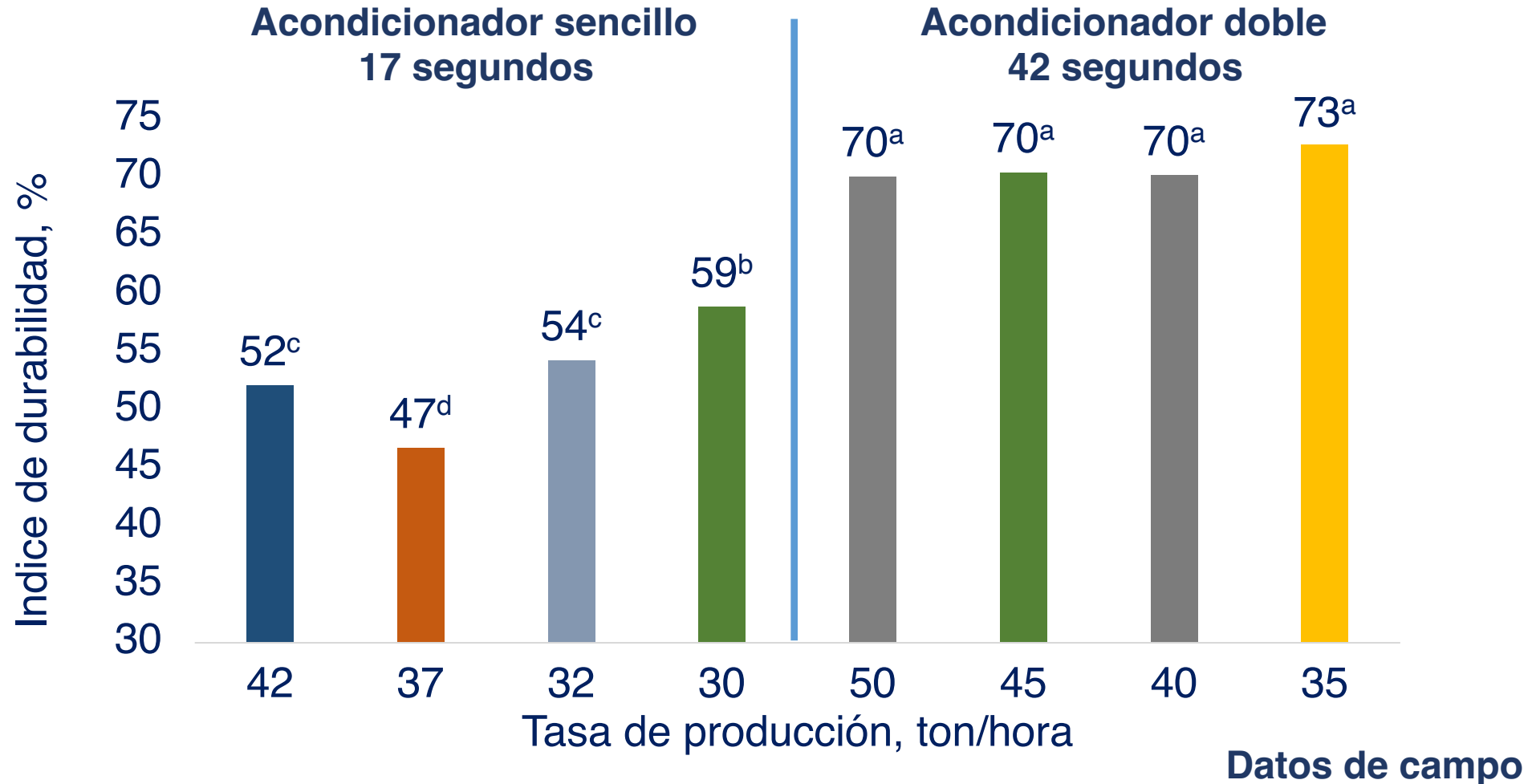


vs.

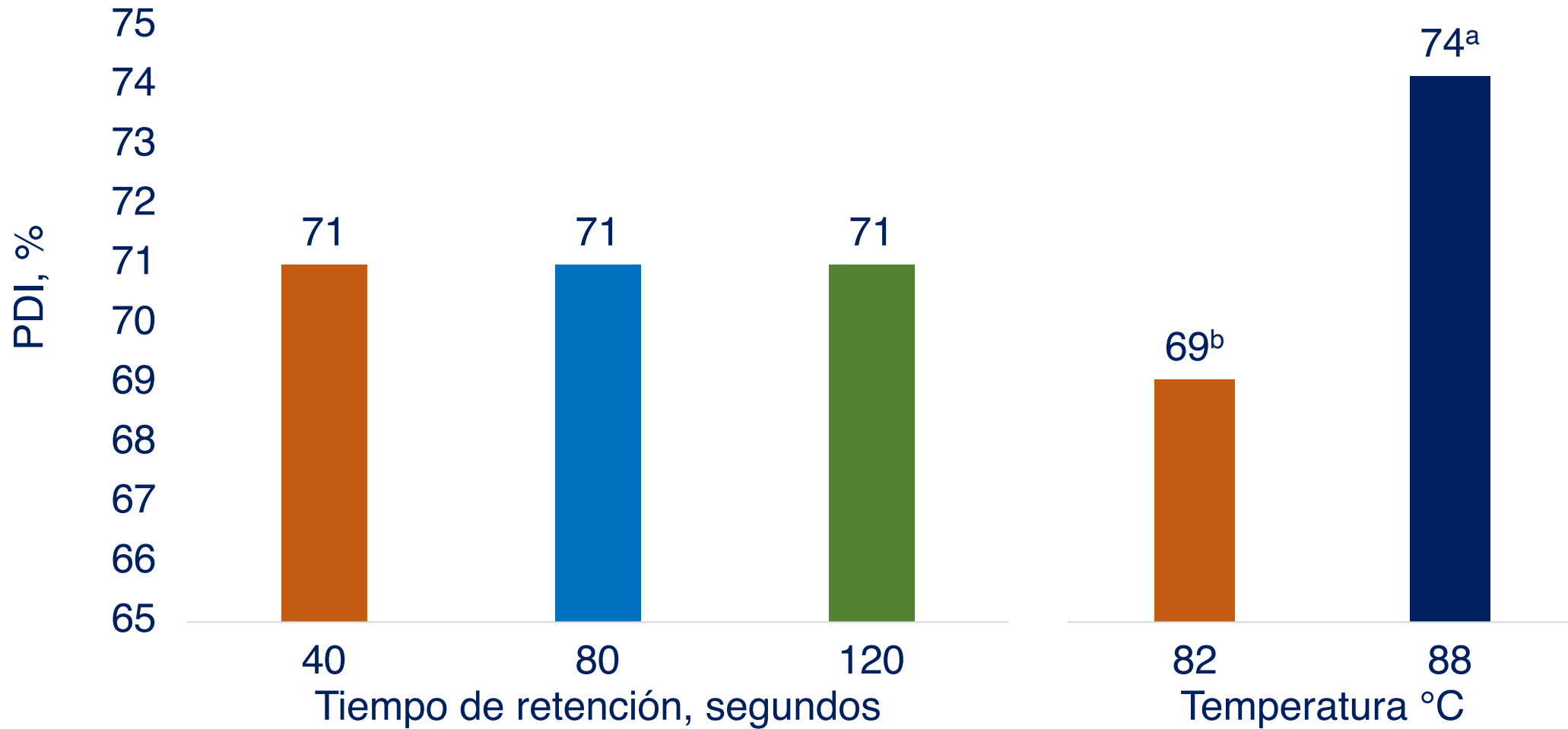


Tiempo de Acondicionamiento

Sí es posible – escoja una peletizadora con acondicionador doble

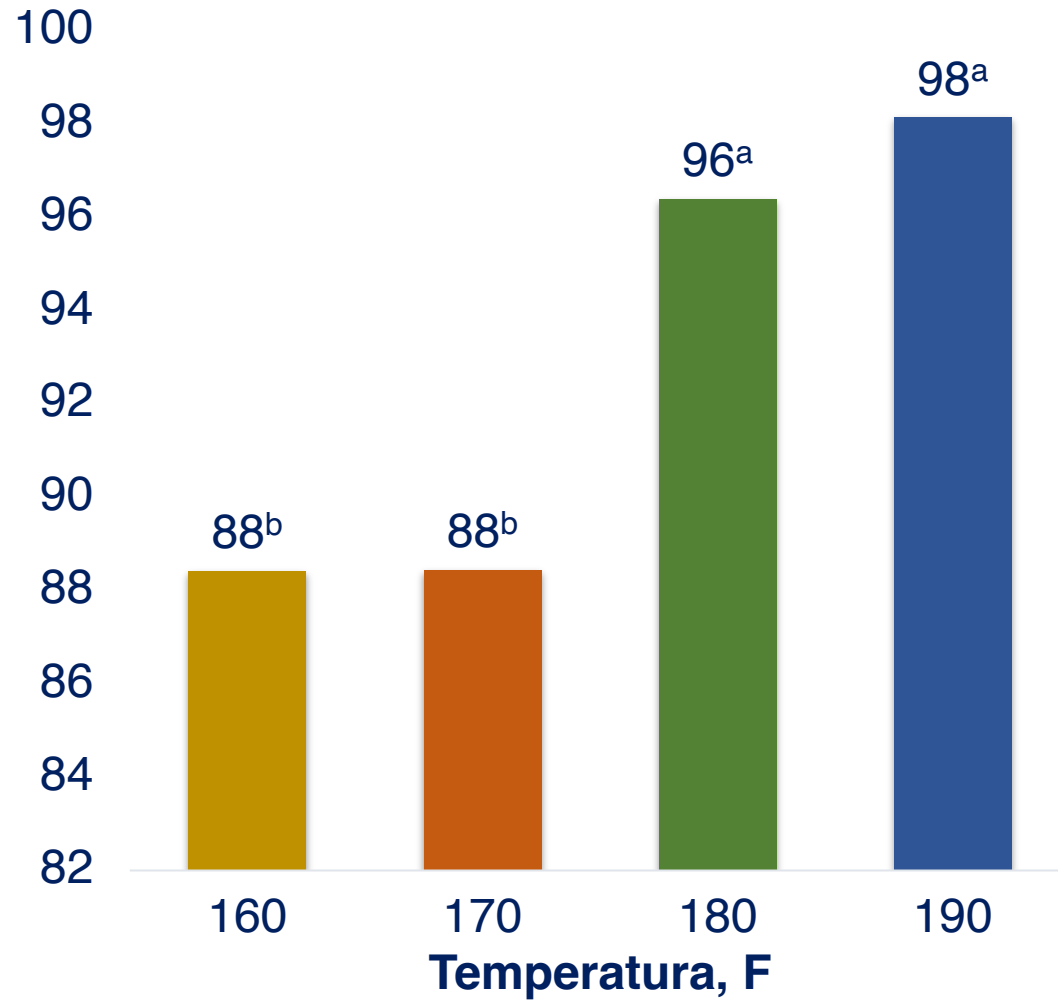


Tiempo de Retención

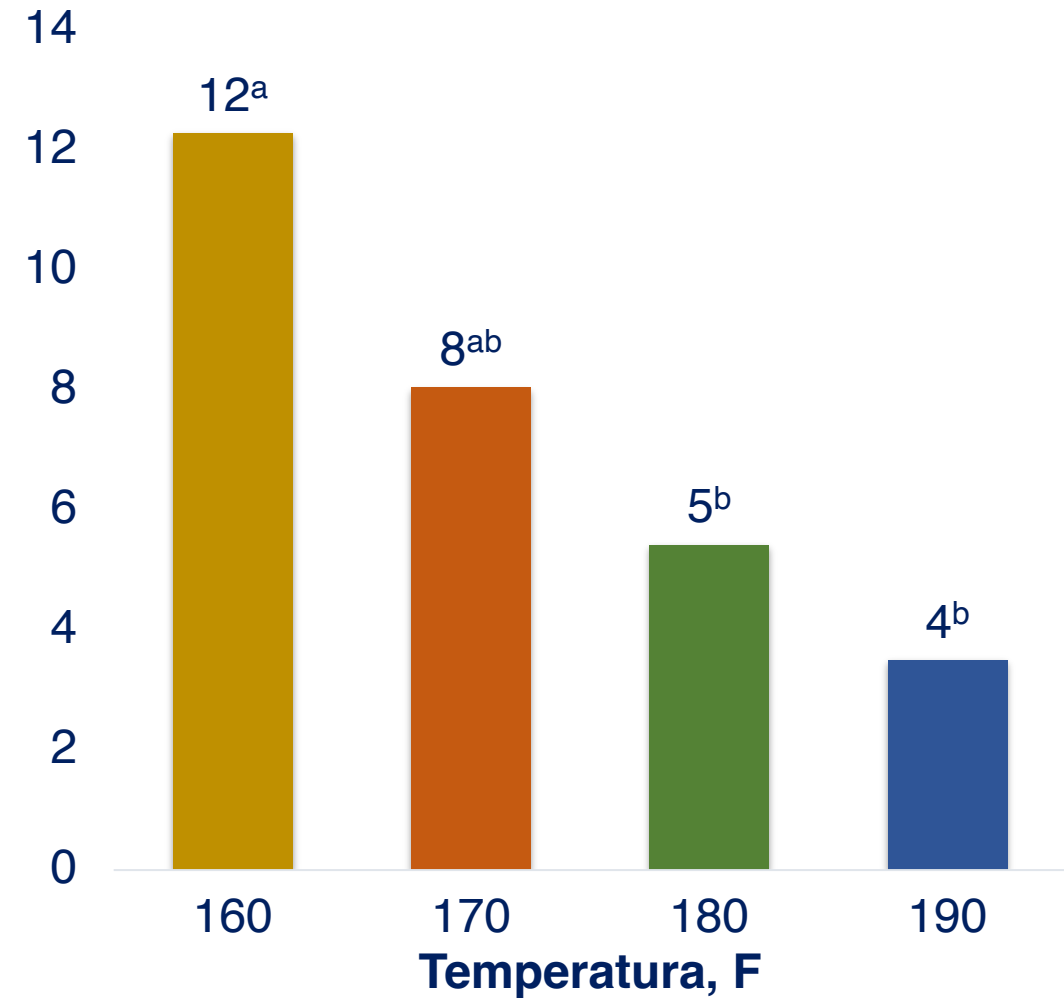


Tiempo de Retención

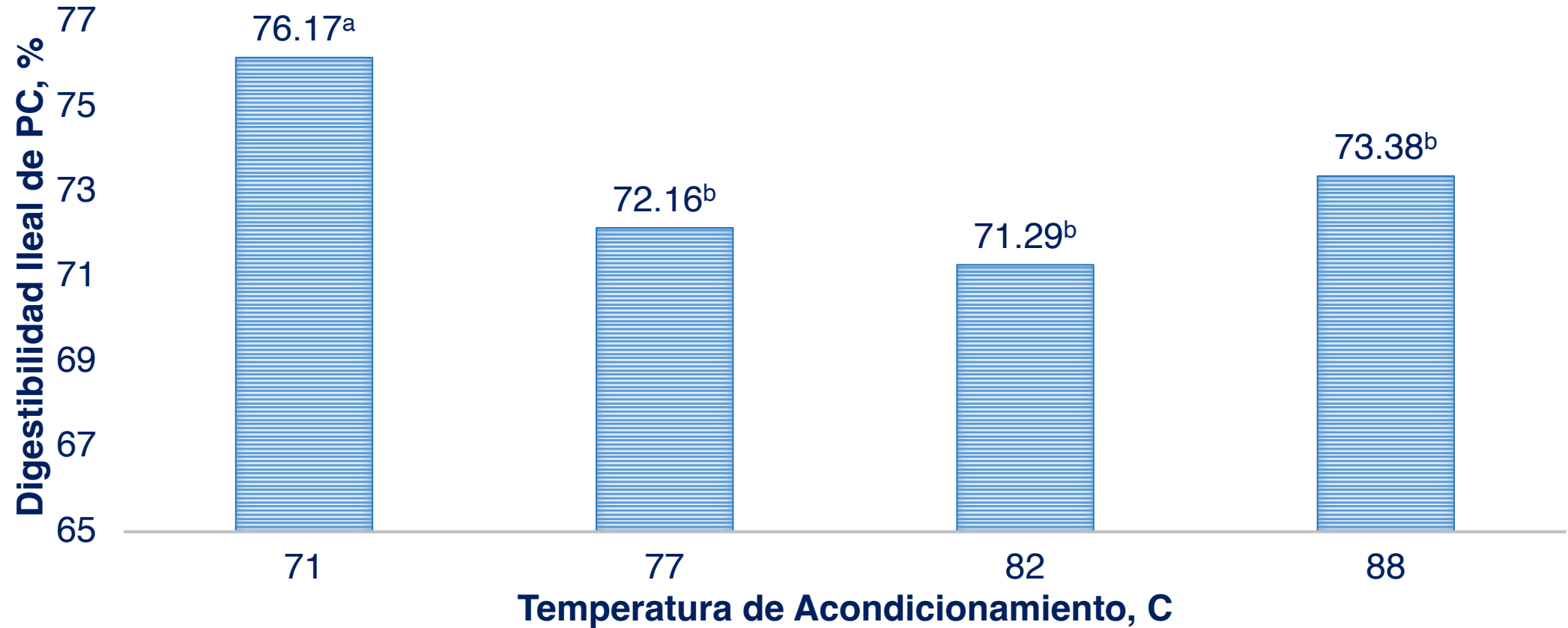
Calidad de pellet, %



Finos, %

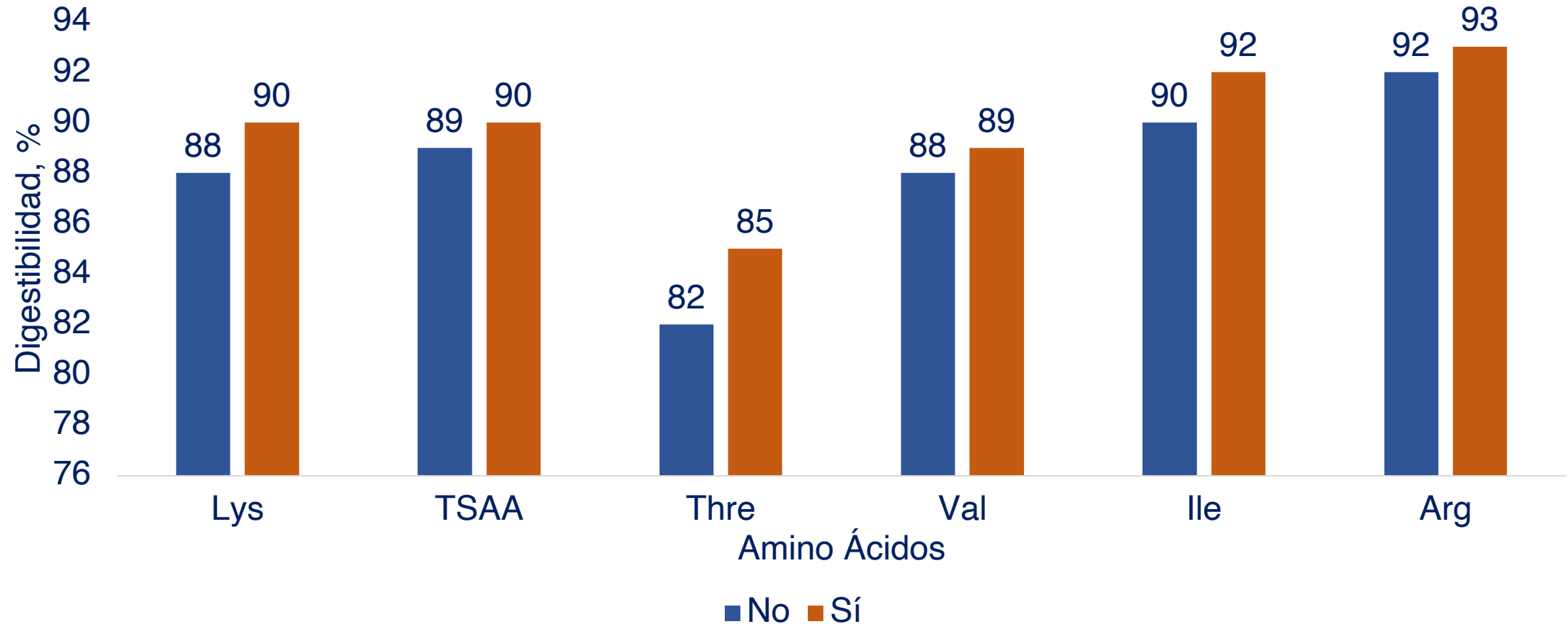


Temperatura de acondicionamiento



Rueda et al, 2018

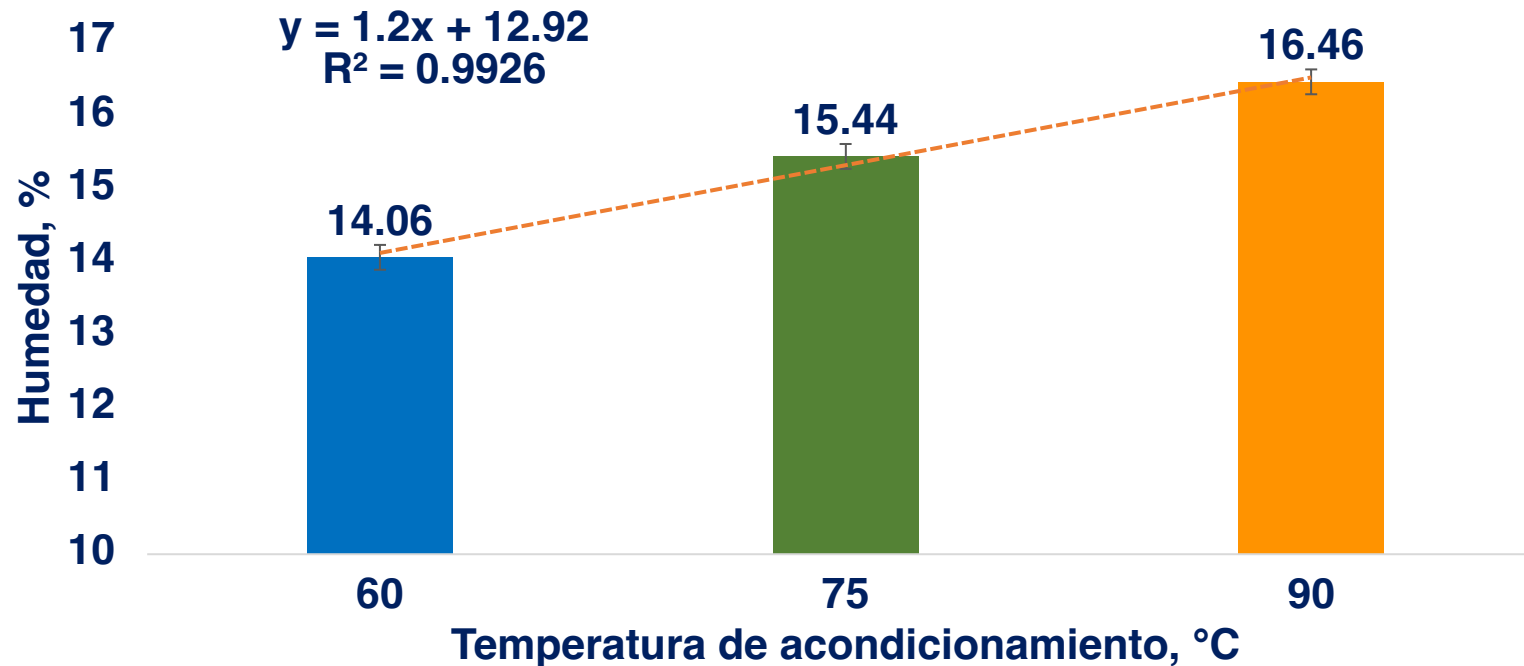
Uso de Expander y Digestibilidad de AA



Ebbing et al, 2022

Objetivos Durante el Acondicionamiento

- Temperatura: 82-88°C
- Humedad= 16.5 +/- 0.5%
- Por cada incremento de 15°C en la temperatura de acondicionamiento, hay un incremento de 1% en humedad



Smith, 2021

Calidad de Vapor

Como medir temperatura?



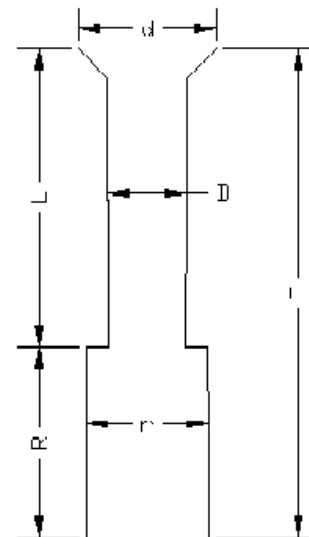
Como medir humedad?



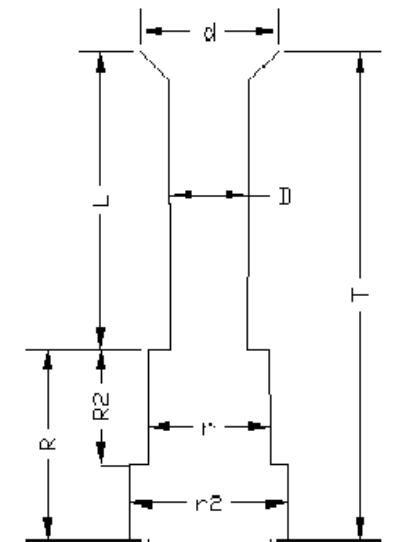
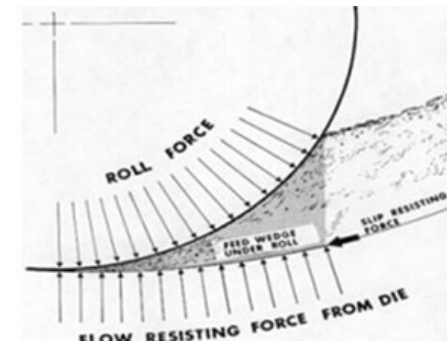
	Temperatura, °C	Humedad, %
Harina después de la mezcladora	23	12.5
Harina Acondicionada	83	16.5
Diferencia	60	4
	Relación 15:1	

Escoja un dado que se adapte a sus necesidades

- Las especificaciones del dado (L/D ratio) influyen la Calidad de pellet y la tasa de producción
- Mayor índice de compresión = mejor calidad de pellet, pero menor tasa de producción
 - Considere el área abierta (Suma de todos los agujeros respecto a la superficie total del dado)
 - A medida que el diámetro del pellet incrementa, hay un incremento en el área abierta del dado
 - 5/32 (4mm) = 43.9% área abierta
 - 11/64 (4.4mm) = 46.2% área abierta



Sí "L" grosor = 48
and D = 4 entonces
 $L/D = 48/4 = 12$

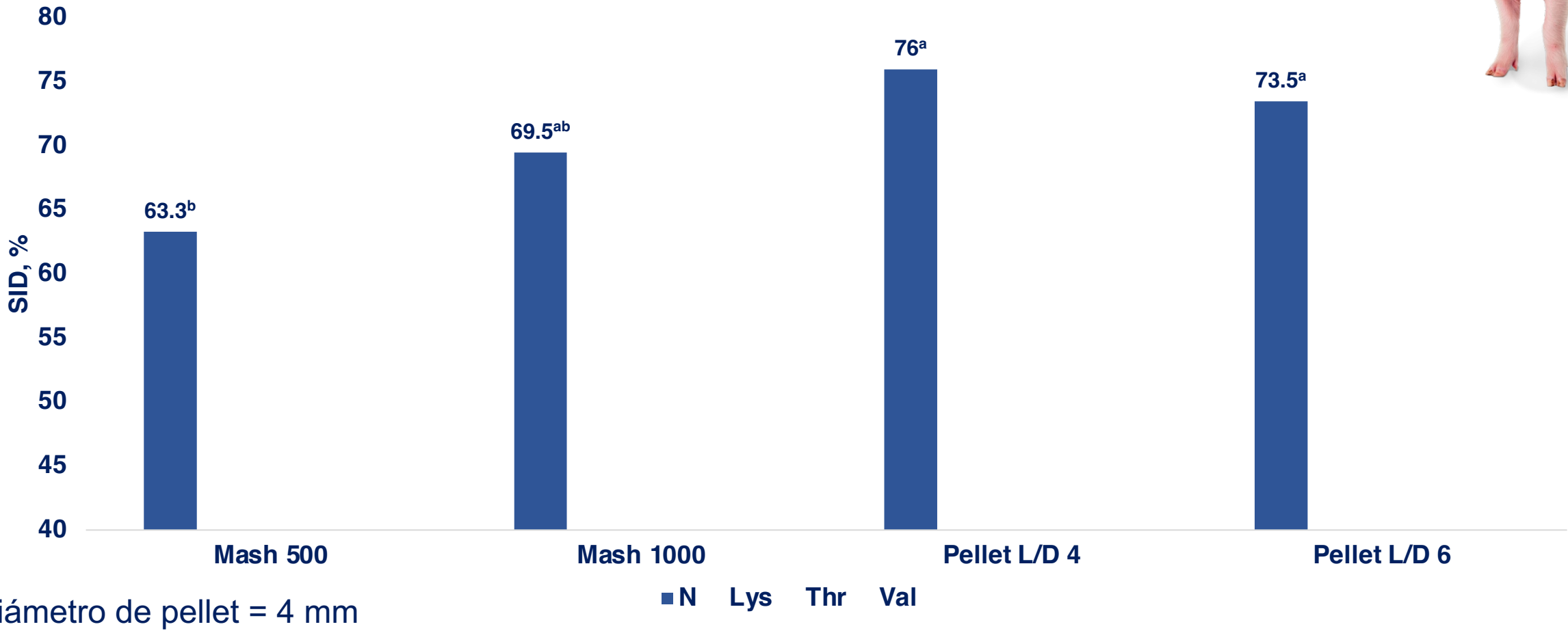




Forma del Alimento e Índice de Compresión



Dietas Maíz – Harina de Soya

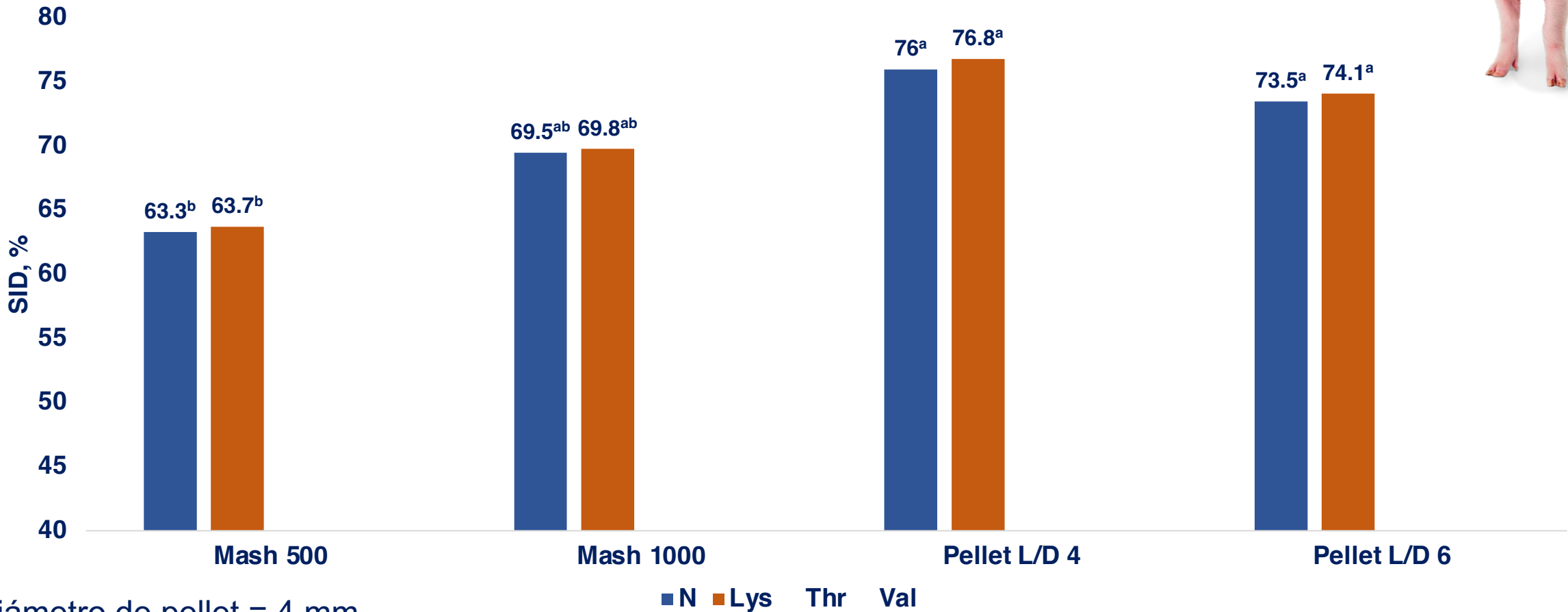




Forma del Alimento e Índice de Compresión



Dietas Maíz – Harina de Soya



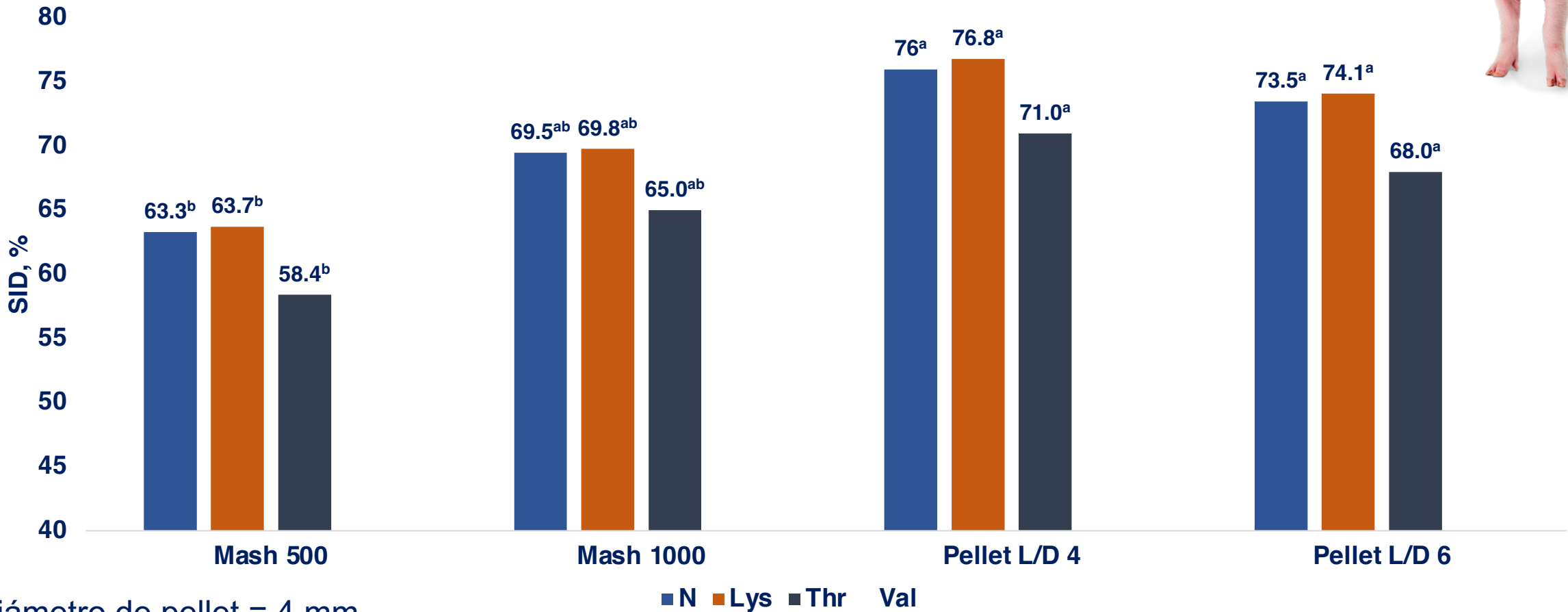
Diámetro de pellet = 4 mm



Forma del Alimento e Índice de Compresión



Dietas Maíz – Harina de Soya



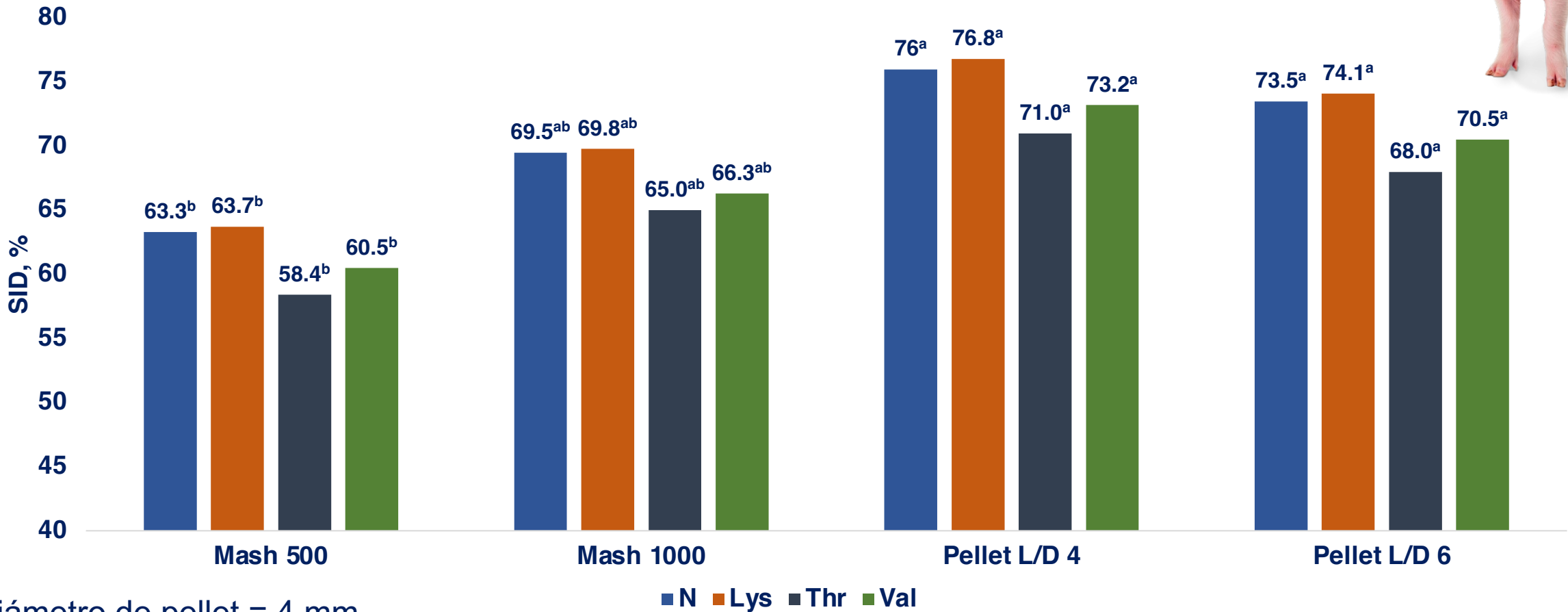
Diámetro de pellet = 4 mm



Forma del Alimento e Índice de Compresión



Dietas: Maíz – Harina de Soya



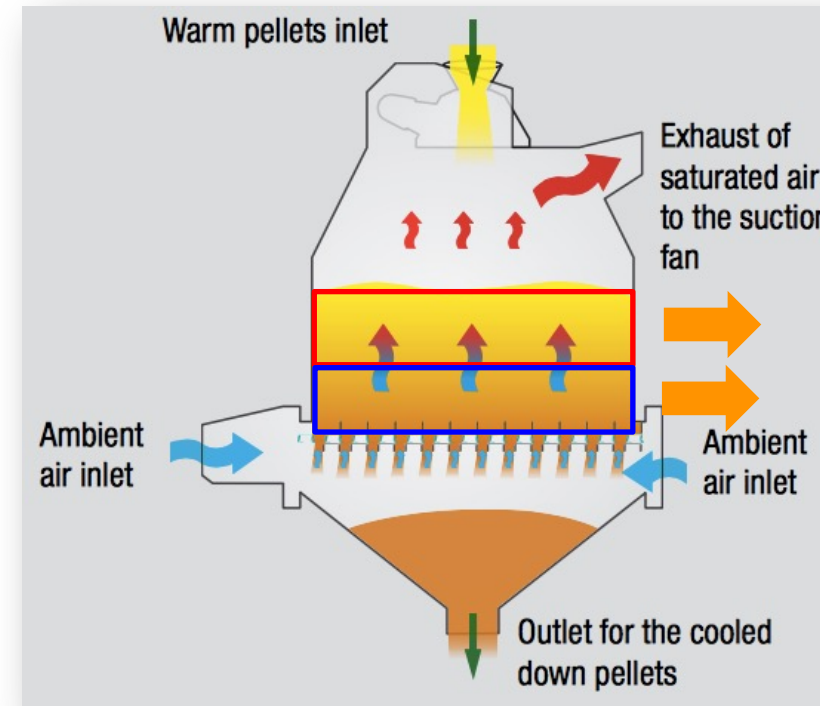
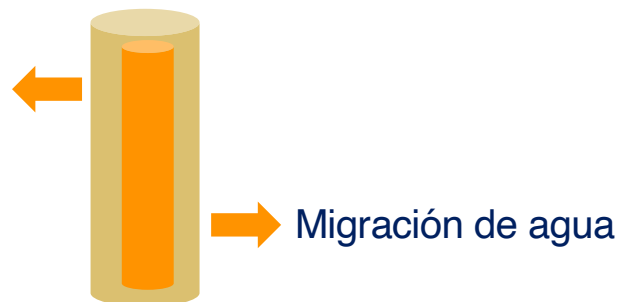
Diámetro de pellet = 4 mm

Alimento para camarón

- **Diámetro de pellet < 2mm**
- **Sistemas de post molienda - <200 μm en tamaño de partícula**
 - **Menos de 5% sobre Tyler mesh 60 (250 μm)**
- **Mayor velocidad de punta en los martillos (motores con 3,600 rpm)**
- **Tiempo de retención en el acondicionador > 3 minutes**
- **Índice de compresión del dado – 20 a 24 para asegurar una buena estabilidad en el agua**
 - **Una pelletizadora con 20 ton/hr en alimento para aves, puede producir 4 a 5 toneladas de alimento para camarón**
 - **Mayor índice de compresión**
 - **Menor área abierta**
 - **Considerar la cantidad de grasa agregada en la mezcladora**

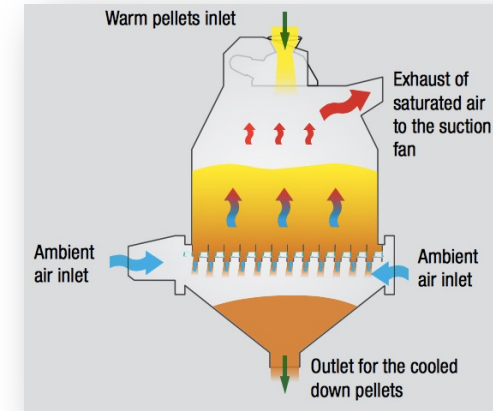
Enfriado/Secado

- **Propósito: Remover humedad y calor que se agregaron durante el proceso de acondicionamiento y pelletizado**
 - Permite un almacenamiento seguro del producto
 - Preserva la calidad del pellet
- **El aire remueve el calor y la humedad**

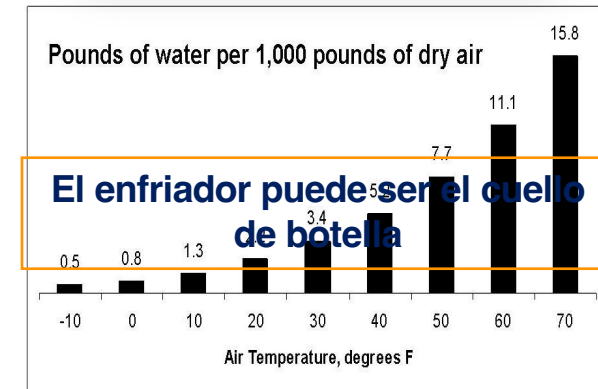


Manejo del Enfriador

- **Consideraciones:**
 - Flujo de aire
 - Profundidad y uniformidad de la cama
 - Tiempo de retención
- **Monitorear temperatura y contenido de humedad de los concentrados terminados**



Temperatura ¹	Humedad ²	Acción correctiva	
		Flujo de aire	Profundidad de la cama
OK	Alto	↓	↑
Alto	Alto	↑	↑
OK	Bajo	↑	↓
Bajo	Alto	↓	↑
Bajo	Bajo	↓	-



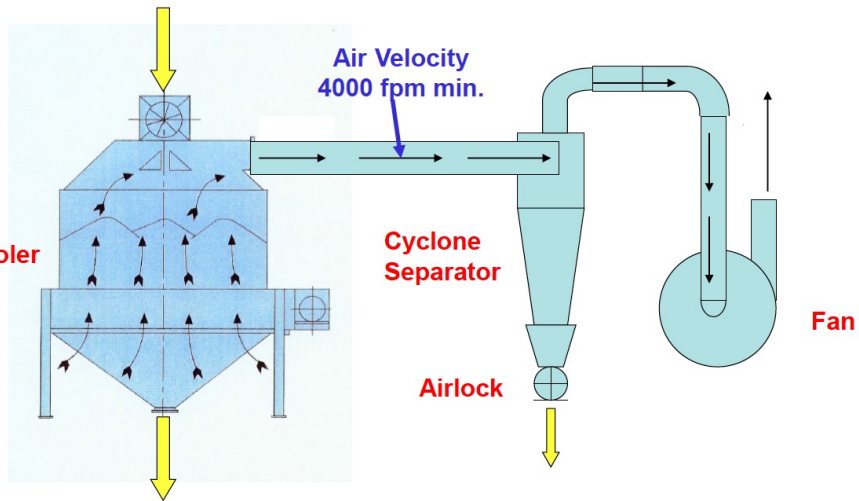
Adaptado de Fairchild, 2015 (IGP Institute, Basic Feed Manufacturing Short Course, Manhattan, KS)

¹ La temperatura del pellet debería ser 5-10°F superior a temperatura ambiente

² Contenido de humedad $\pm 0.5\%$ de la humedad original de la mezcla de concentrado

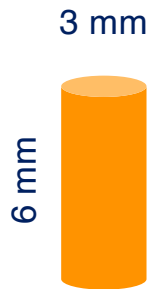
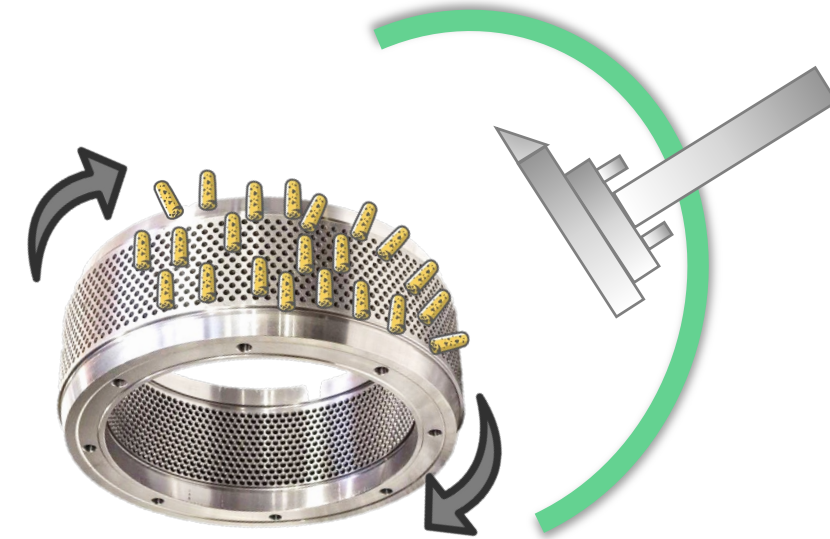
- Pérdida de humedad – aumenta la merma
 - Cada 1.00% de pérdida en el contenido de humedad desde las materias primas compradas hasta el producto terminado representa una merma de 1.00%
 - $1,000 \text{ ton/semana} \times 1.00\% = 10 \text{ ton de producto perdido} \times \$500/\text{ton} = \$5,000$
- Ganancia de humedad – menos merma, pero una conversión alimenticia más pobre
 - 1.00% de ganancia en el contenido de humedad desde las materias primas compradas hasta el producto terminado representa una ganancia de 1.00%
 - $1,000 \text{ ton/semana} \times 1.00\% = 10 \text{ ton de producto ganado}$
 - El ave tiene que comer más para obtener la misma ingesta nutricional debido a la dilución del valor nutricional
 - 1% de ganancia de humedad = 2 puntos de pérdida en conversión alimenticia

Impacto Económico



Condiciones	Escenario		
	1	2	3
Humedad de la harina, %	12.5	12.5	12.5
Temperatura de la harina, °C	30	30	30
Temperatura ambiente, °C	33	33	33
Humedad de los pellets, %	12.25	13.5	12.0
Temperatura de la harina, C	38	38	36
Corrección	OK	↑ Cama	?

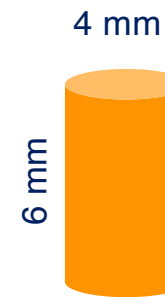
Fase	Pollo Entero, 2 Kg		Pollo Deshuesado, >3 kg	
	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud
Inicio	3.0 mm en migajas	-	4.0 mm en migajas	-
Crecimiento	3.0 mm	4 mm	4.0 mm	4 mm
Final 1	3.00 mm	6 mm	4.0 mm	4-6 mm
Final 2, 3			4.0 mm	6-8 mm



$$V = \pi \sigma^2 x h$$

$$V = 3.1416 (1.5)^2 \times 6$$

$$V = 42.41 \text{ mm}^3$$



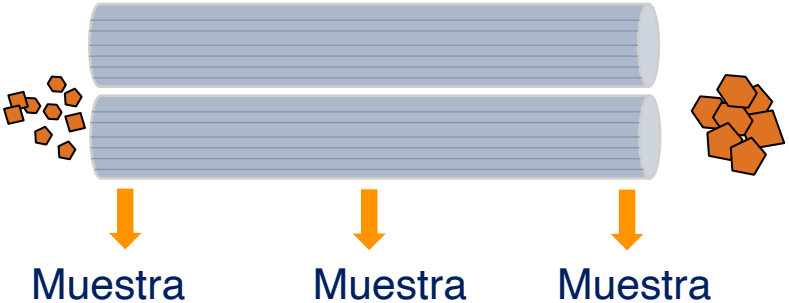
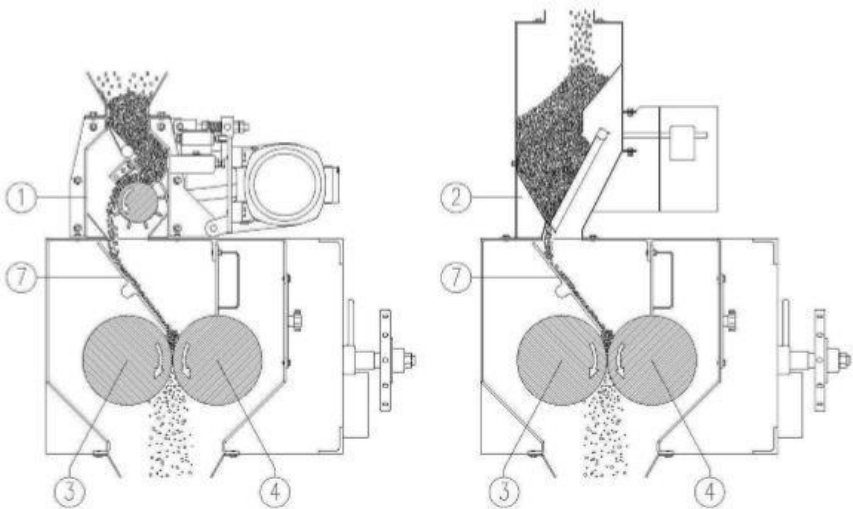
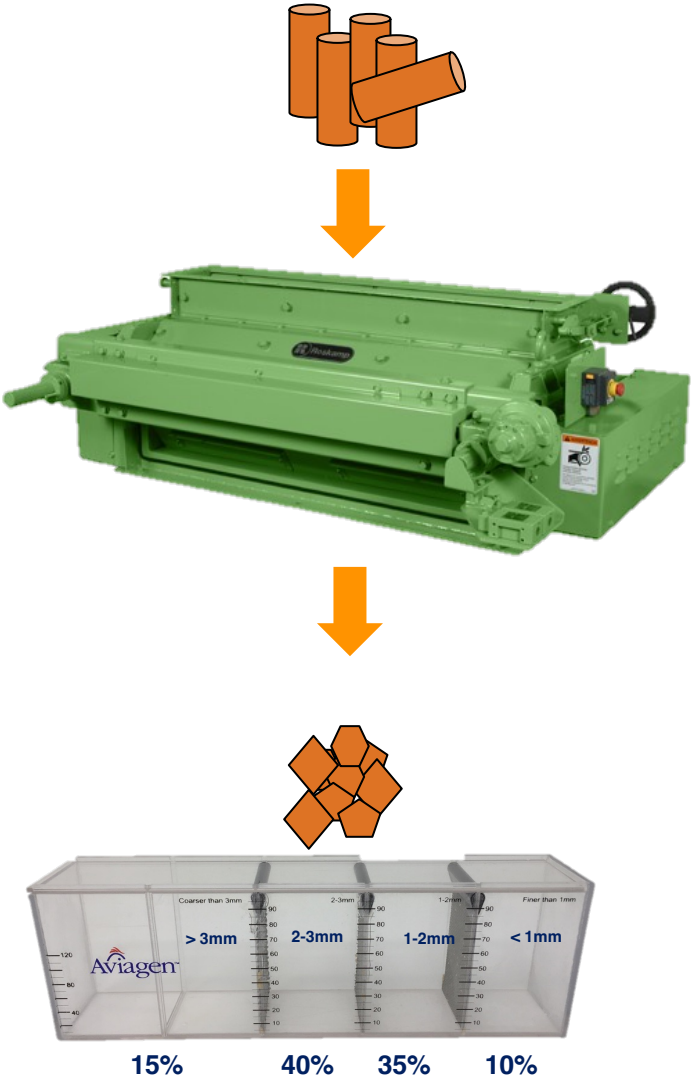
$$V = \pi \sigma^2 x h$$

$$V = 3.1416 (2)^2 \times 6$$

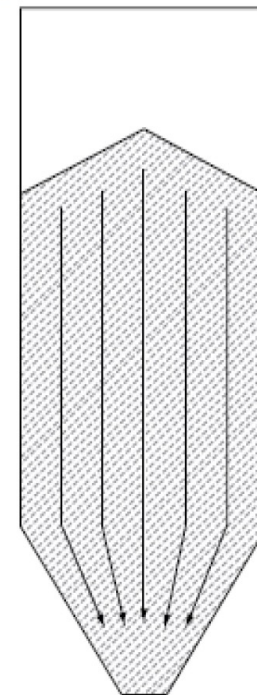
$$V = 75.40 \text{ mm}^3$$

56%

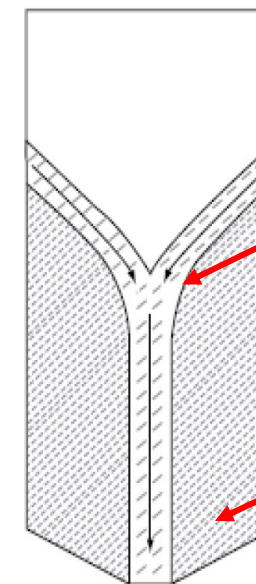
Producción de Migajas



- Las tolvas con configuración de flujo másico son más costosas y pueden requerir bahías de carga más altas, pero logran un principio de "primero en entrar, primero en salir".
- Producen menos segregación física y nutricional



Flujo
Masico



Flujo de
Embudo

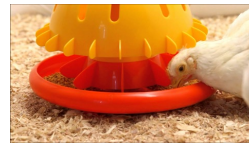
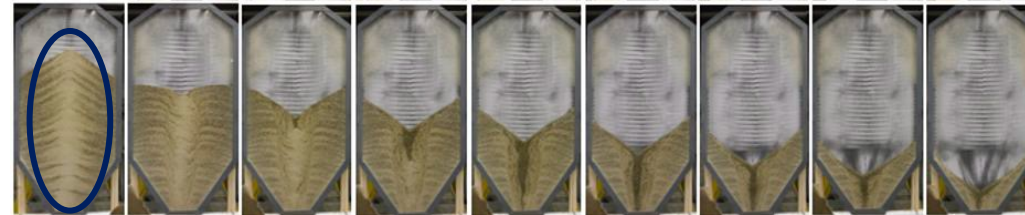
Zona de
corte

Zona
estancada

Monitoree Calidad de Pellets en Granja



- Recolectar múltiples muestras



Winowiski, 2017

- **Peletizar es un proceso caro, pero hay mejoras en...**
 - **Conversión alimenticia**
 - **Digestibilidad de nutrientes**
 - **...justifica el costo adicional**
- **Para mantener un buen balance entre calidad del pellet y rendimiento de las aves, es esencial entender el rol que tiene cada componente de los sistemas de peletizado y enfriamiento en la calidad general de los productos terminados**

Muchas gracias



Wilmer Javier Pacheco, MSc., PhD.
Extension Specialist and Associate Professor
Auburn University
wjp0010@auburn.edu