

1era Ed.
2024

NUTRICIÓN DE CERDOS



MANUEL PATRICIO PAREDES OROZCO



NUTRICIÓN DE CERDOS



NUTRICIÓN DE CERDOS

AUTOR:

Manuel Patricio Paredes Orozco



Paredes Orozco, Manuel Patricio

Nutrición de cerdos / Manuel Patricio Paredes Orozco ; Editado por Juan Carlos Santillán Lima. - 1a ed - La Plata : Puerto Madero Editorial Académica, 2024.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-631-6557-27-8

1. Zootecnia. 2. Veterinaria. I. Santillán Lima, Juan Carlos, ed. II. Título.
CDD 636.0893



Licencia Creative Commons:

Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)



Primera Edición, Agosto 2024

Nutrición de Cerdos

ISBN: 978-631-6557-27-8

Editado por:

Sello editorial: ©Puerto Madero Editorial Académica
Nº de Alta: 933832

Editorial: © Puerto Madero Editorial Académica

CUIL: 20630333971

Calle 45 N491 entre 4 y 5

Dirección de Publicaciones Científicas Puerto Madero Editorial Académica

La Plata, Buenos Aires, Argentina

Teléfono: +54 9 221 314 5902

+54 9 221 531 5142

Código Postal: AR1900

Este libro se sometió a arbitraje bajo el sistema de doble ciego (peer review)

Corrección y diseño:

Puerto Madero Editorial Académica

Diseñador Gráfico: José Luis Santillán Lima

Diseño, Montaje y Producción Editorial:

Puerto Madero Editorial Académica

Diseñador Gráfico: Santillán Lima, José Luis

Director del equipo editorial: Santillán Lima, Juan Carlos

Editor: Santillán Lima, Juan Carlos
Rodríguez Arévalo, Andrés Francisco

Hecho en Argentina

Made in Argentina

AUTOR:

Manuel Patricio Paredes Orozco

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias - Carrera de Zootecnia. Macas. Ecuador

patricio.paredes@esPOCH.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-9532-9866>

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1	4
1 NUTRIENTES EN LA DIETA	4
1.1 INTRODUCCION	4
1.2 ENERGÍA	4
1.3 PROTEÍNA Y AMINOÁCIDOS	7
1.3.1 Proteína ideal	8
1.3.2 Balance de aminoácidos	9
1.3.3 Balance de aminoácidos/energía	10
1.3.4 Fuentes de Proteína	11
1.4 CARBOHIDRATOS NO ALMIDONOSOS Y FIBRA	12
1.4.1 Fibra	12
1.4.2 Polisacáridos no almidonosos (NSP)	13
1.4.3 Oligosacáridos	16
1.5 GRASAS Y ACEITES	17
1.5.1 Tres funciones fisiológicas de los ácidos grasos	17
1.5.2 Estructura y características de los ácidos grasos	18
1.5.3 Ácidos grasos esenciales, ácidos grasos omega-3 y -6, ácidos grasos linoléicos conjugados	20
1.5.4 Fuentes de grasas para cerdos	21
1.6 MINERALES	22
1.6.1 Fuentes de minerales	23
1.6.2 Proteínatos minerales (Bioplex)	23
1.6.3 Cromolevadura y selenolevadura	24
1.6.4 Macrominerales	25
1.6.5 MINERALES TRAZA	29
1.7 VITAMINAS	33
1.8 AGUA	42
1.9 ADITIVOS DE LA RACIÓN (PRONUTRIENTES)	44
1.9.1 Promotores del crecimiento antimicrobianos	44
1.9.2 Productos acidificadores	45
1.9.3 Probióticos y prebióticos	46
1.9.4 Enzimas	48
1.9.5 Minerales	49
1.9.6 Modificadores metabólicos	50
1.9.7 Hierbas, Especies, Botánicos y Aceites Esenciales	50
1.9.8 Péptidos metabólicos	51
CAPÍTULO 2	55
2 MARRANAS	55
2.1 LA CERDA JOVEN DE REEMPLAZO	55
2.1.1 Adecuada condición corporal.	55

2.1.2	Dietas y estrategias alimenticias	55
2.2	LA MARRANA GESTANTE	58
2.2.1	Metas	58
2.2.2	Energía /lisina y requerimientos alimenticios	59
2.2.2.1	Gestación temprana (Monta – Dia 28)	59
2.2.2.2	Gestación media (Dia 28 -84)	60
2.2.2.3	Gestación tardío (Dia 84 al parto)	61
2.2.3	Estrategias de Alimentación	62
2.2.4	Efectos de la Temperatura	63
2.3	LA MARRANA EN LACTACIÓN	63
2.3.1	Requerimientos de energía y lisina	64
2.3.2	Requerimientos de aminoácidos	67
2.4	INTERVALO DESTETE- ESTRO	68
2.5	REQUERIMIENTOS DE MINERALES	68
2.5.1	Hierro (Fe)	70
2.5.2	Selenio (Se)	72
2.5.3	Contenido de Selenio en la leche de las cerdas en los partos 1 – 5 administrando 0.3ppm Se cómo selenito	73
2.5.4	Cromo (Cr)	75
2.5.4.1	Modo de acción del cromo	76
2.5.4.2	3.5.4 Combinación de minerales	78
2.5.5	Resumen de recomendaciones sobre minerales	79
2.6	REQUERIMIENTOS DE VITAMINAS	80
2.6.1	Vitamina A (Retinol)	80
2.6.2	Vitamina E (α Tocopherol)	81
2.6.3	Ácido fólico	81
2.6.4	Biotina	81
2.6.5	Ácidos grasos esenciales (EFA)	82
2.6.6	Resumen de recomendaciones sobre vitaminas	82
2.7	ESTRATEGIA ALIMENTICIA GENERAL PARA LAS CERDAS JÓVENES Y LAS MARRANAS REPRODUCTORAS	83
2.8	AGUA	84
2.9	ESTATUS INMUNOLÓGICO Y PRODUCTIVIDAD DE LA MARRANA	85
2.10	ALIMENTACIÓN SUPLEMENTARIA DE LOS LECHONES	88
2.11	MICOTOXINAS EN LA NUTRICIÓN DE LA MARRANA	89
2.12	FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD DE LA MARRANA	92
2.12.1	Factores clave que afectan la productividad de la marrana	92
2.12.2	Factores afectando la tasa de desecho	93
2.12.3	Factores que afectan la tasa de pariciones	94
2.12.4	Factores que afectan el intervalo entre destete- servicio y camadas por marranas por año	95
2.12.5	Días vacíos no productivos	97
2.12.5.1	Costo por día vacío	97
2.12.6	Factores que afectan el tamaño de la camada: total de nacimientos	98
2.12.7	Factores que afectan el tamaño de la camada: lechones nacidos vivos y mortinatos	99

2.12.8	Factores que afectan la mortalidad predestete (también factores que afectan la producción de leche)	100
2.12.9	Factores que afectan los partos de la marrana al desecho	101
2.13	INFERTILIDAD ESTACIONAL	102
2.13.1.1	Factores causantes de la infertilidad estacional: foto periodo y temperatura	103
2.13.1.2	Temperatura Ambiental	104
2.13.1.3	Verracos	104
2.13.1.3.1	Marranas	105
2.13.1.3.2	Inseminación artificial y calidad del semen	107
2.13.1.3.3	Longitud del día	107
2.13.1.3.4	Manejo	108
2.13.2	Recomendaciones	109
CAPÍTULO 3		111
3	EL VERRACO	111
3.1	REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA Y AMINOÁCIDOS	111
3.1.1	El periodo de crecimiento	111
3.1.2	El período de reproducción	112
3.2	EFFECTOS DE LA ALIMENTACIÓN SOBRE LA PRODUCCIÓN DE SEMEN	113
3.2.1	Efectos de la temperatura ambiental	115
3.2.2	Calidad del alimento y fertilidad del Verraco	116
3.2.3	Fibra dietética	117
3.2.4	Lípidos y ácidos grasos	117
3.2.5	Requerimientos de minerales y vitaminas	117
3.2.5.1	Calcio y Fosforo	118
3.2.5.2	Zinc	119
3.2.5.3	Cromo	119
3.2.5.4	Selenio (Se) y vitamina E	119
3.2.5.5	Biotina	122
3.2.5.6	Vitamina C	122
3.2.5.7	Ácidos grasos esenciales	122
3.2.6	Fuentes de minerales	122
3.3	REQUERIMIENTOS DE AGUA	123
3.4	APLICACIONES PRÁCTICAS	123
CAPÍTULO 4		124
4	EL LECHÓN DESTETADO	124
4.1	INTRODUCCIÓN	124
4.2	EL PROCESO DE DESTETE: CAMBIOS EN EL DESTETE	125
4.2.1	El listado de crecimiento	125
4.2.2	Proceso de adaptación	126
4.2.3	Cambios en las enzimas digestivas	127
4.2.4	Integridad del intestino delgado	129
4.2.5	Desarrollo inmunológico	132
4.2.6	Secreciones Gástricas	133

4.2.7	Conclusiones	134
4.3	PESO AL DESTETE, EDAD AL DESTETE Y METAS DE DESEMPEÑO	136
4.3.1	Peso al destete	136
4.3.2	Edad al destete	136
4.3.3	Potencial para crecimiento	137
4.3.3.1	5.3.4 Metas al post-destete	138
4.4	REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES	139
4.4.1	Requerimientos de energía y lisina	139
4.4.2	Requerimientos de aminoácidos esenciales	139
4.4.3	Aminoácidos no esenciales	140
4.4.4	Requerimientos de minerales	140
4.4.4.1	Minerales y capacidad acido-unirse (ABC) de la dieta	141
4.4.5	Minerales Inorgánicos vs orgánicos	142
4.4.5.1	Cobre y Zinc	143
4.4.5.2	Selenio	144
4.4.6	Requerimientos de vitaminas	145
4.5	REQUERIMIENTOS DE AGUA	146
4.6	PRESENTACIÓN DEL ALIMENTO	149
4.6.1	Alimento seco	149
4.6.2	Alimentación líquida	150
4.6.3	Alimentación con líquidos fermentados	151
4.6.4	Elección del menú de alimentación	154
4.7	INGREDIENTES DE LA DIETA	155
4.7.1	Elección de ingredientes	155
4.7.2	Fuentes de energía	155
4.7.3	Fuentes de proteína	156
4.7.3.1	Extracto de levadura como fuente de proteína	157
4.7.4	Fuentes de fibra o polisacáridos no almidonosos (PSNA)	158
4.8	APETITO	159
4.8.1	El problema	159
4.8.2	¿Cuánto alimento?	159
4.8.3	Digestibilidad de la dieta	160
4.8.4	Consecuencias de las sugerencias prácticas	161
4.8.5	Minimizando la variación en cerdos destetados.	162
4.9	REQUERIMIENTOS DE INSTALACIONES Y AMBIENTE	163
4.9.1	Temperatura ambiental	164
4.9.2	Movimiento o corriente del aire	167
4.9.3	Otras variables ambientales	168
4.9.3.1	5.9.4 Consideraciones prácticas	170
4.9.4	Densidad de animales	171
4.9.5	Tamaño del grupo	172
4.9.6	Calidad del aire	173
4.9.7	Corraleta de destete	175
4.9.7.1	Corraleta de ambiente controlado	175
4.9.7.2	Sistemas basados en cobertizos	176
4.9.7.3	Contenedores para lechones	176

4.9.8	Conclusiones	177
4.10	SALUD E INMUNIDAD	177
4.10.1	Activación inmunológica	178
4.10.2	Mejorando la actividad inmunológica y la salud	179
4.10.3	Hipersensibilidad a los ingredientes de la dieta	180
4.11	ALTERNATIVAS A LOS ANTIBIOTICOS PROMOTORES DEL CRECIMIENTO	181
4.11.1	Aditivos para alimentos	181
4.11.2	Experiencias prácticas	181
4.12	TRANSPORTE DE LOS CERDOS DESTETADOS	182
4.13	FACTORES CLAVE QUE INFUYEN SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL LECHÓN	183
4.14	LECHONES DESTETADOS: PROBLEMAS GENERALES	184
CAPÍTULO 5		186
5	EL CERDO EN CRECIMIENTO/TERMINACIÓN	186
5.1	INTRODUCCIÓN	186
5.2	CONOCIMIENTO SOBRE CRECIMIENTO Y TASA DE CRECIMIENTO	187
5.2.1	Crecimiento	187
5.2.2	Factores que influyen sobre la tasa de crecimiento	188
5.2.3	Efectos de la raza	189
5.2.4	El Efecto del Sexo	191
5.2.5	Otros factores	192
5.2.6	Composición química del crecimiento	192
	• Ganancia de peso corporal vacío (EBWG)= 0,95 x ganancia de peso corporal (BWG).	193
	• Ganancia de Proteína (PG) EBWG x 0,18	193
	• Ganancia de Agua (WG) = 3,35 x PG	193
	• Ganancia de ceniza (AG) = 0,03 x EBWG	193
	• Ganancia de tejido graso (FG) = (0,95 x BWG) - (PG + WG + AG)	193
5.2.7	Composición química y física de la canal	193
5.3	RESPUESTA A LOS NUTRIENTES	195
5.3.1	Respuesta a la ingesta de alimento	195
5.3.2	Respuesta a la energía y a los aminoácidos	197
5.3.2.1	Resumen	199
5.4	ESTABLECIENDO LOS NIVELES OBJETIVO DE CRECIMIENTO	199
5.4.1	Potencial de Crecimiento	199
5.4.2	Los costos de la tasa de crecimiento	200
5.4.3	Ingesta de alimento y tasa de crecimiento	201
5.4.4	Monitoreando el desempeño en la granja	201
5.5	REQUERIMIENTO DE NUTRIENTES	201
5.5.1	Requerimientos de energía	202
5.5.2	Requerimiento de lisina	203
5.5.3	Especificaciones de la Dieta	206
5.5.4	Otros Aminoácidos Esenciales	209
5.5.5	Requerimientos de Minerales	209
5.5.6	Minerales Inorgánicos vs. Orgánicos	210

5.5.6.1.1	Zinc (Zn)	212
5.5.6.1.2	Selenio (Se)	213
5.5.6.1.3	Cromo (Cr)	214
5.5.6.1.4	Combinaciones de minerales	215
5.5.7	Requerimientos de Vitaminas	216
5.6	PRESENTACIÓN DEL ALIMENTO, PROCESAMIENTO Y CALIDAD	217
5.6.1	Forma del alimento	217
5.6.1.1.1	Alimento líquido vs. Alimento seco	217
5.6.1.1.2	Comprimidos vs. Concentrado	217
5.6.2	Sistemas de Alimentación	219
5.6.3	Procesamiento del Alimento	221
5.6.3.1.1	Molienda	221
5.6.3.1.2	Descascarado	221
5.6.3.1.3	Expansión	222
5.6.3.1.4	Asado / calentamiento	222
5.6.3.1.5	Extrusión	222
5.6.3.1.6	Procesamiento de hojuelas al vapor o micronización	222
5.6.3.1.7	Otros Procesos	222
5.6.4	Calidad del alimento	223
5.6.4.1.1	Mocitoxinas	223
5.7	REQUERIMIENTOS DE AGUA	224
5.7.1	Efectos de la temperatura	225
5.7.2	Calidad del agua (ver también las Secciones 2.7 y 5.5)	226
5.8	REQUERIMIENTOS AMBIENTALES Y DE ALOJAMIENTO	226
5.8.1	Temperatura ambiental e intercambio de energía	227
5.8.2	Requerimientos de Temperatura	229
5.8.3	Componentes del ambiente	229
5.8.3.1.1	Movimiento de Aire o Corrientes y Ventilación	229
5.8.3.1.2	Tipo de Piso	230
5.8.3.1.3	Humedad Relativa	231
5.8.3.1.4	Efectos Climáticos Combinados	231
5.8.4	Efecto de la temperatura sobre la tasa de crecimiento y deposición de tejido	233
5.8.5	Densidad Poblacional	235
5.8.6	Tamaño del Grupo	237
5.8.7	Calidad del Aire y Ventilación	237
5.8.7.1.1	Amoniaco y Desempeño del Cerdo	240
5.8.7.1.2	Sistemas de Alojamiento	241
5.8.7.1.3	Sistemas de Alojamiento Alternativos para Cerdos	242
5.8.7.1.4	El Desempeño en Refugios	242
5.8.7.1.5	Tipo de Refugios	243
5.8.7.1.6	Materiales del Piso	244
5.8.7.1.7	Lista de Control para el Usuario	245
5.8.7.2	6.8.9 Instalaciones Porcinas Enfermas	247
5.8.8	6.8.10 Resumen	247
5.9	APETITO	248
5.9.1	Peso corporal y la edad	248
5.9.2	Sexo y Raza	250
5.9.3	Factores Nutricionales	250

5.9.3.1	Concentración de Energía en la Dieta _____	250
5.9.3.2	Componentes de la Dieta y Suministro de Alimento _____	251
5.9.4	Condiciones Ambientales y de Alojamiento _____	251
5.9.5	Asignación de Espacio y Densidad Poblacional _____	252
5.9.6	Estado de Salud e Inmunológico _____	253
5.9.7	Conclusiones Generales _____	253
5.9.8	Salud e Inmunidad _____	254
5.10	MANIPULACIÓN Y TRANSPORTE _____	256
5.10.1	Manipulación _____	256
5.10.2	Transporte _____	257
BIBLIOGRAFIA	_____	258
AUTOR	_____	264
MANUEL PATRICIO PAREDES OROZCO	_____	264

INTRODUCCIÓN

Este libro ha sido desarrollado para ofrecer información técnica y soporte adecuado a todos los sectores de la industria porcina. Aunque muchos factores influyen sobre el rendimiento financiero, la nutrición y el manejo. Son factores claves que afecta la eficiencia y el costo de producción, representando entre 60 al 70% del total de los costos.

La comprensión de los requerimientos nutricionales del cerdo en todas sus etapas del crecimiento y la producción. La comprensión del requerimiento nutricional adecuado es fundamental para una producción eficiente y rentable.

La principal característica del libro ha sido detallar la nutrición y manejo adecuado del cerdo en todas sus etapas de producción. La información detallada aportara los requerimientos nutricionales y los factores que influyen sobre ellos. Todas las diferencias en el potencial genético, estado de salud, condiciones de alojamiento y ambientales que influyen en el comportamiento del animal deben ser consideradas como también las exigencias del mercado.

El primer objetivo de este libro es facilitar al alumno, mayoritariamente poco conocedor de la ganadería porcina, un primer acercamiento al sector porcino en general y a la granja porcina en particular. El contenido de las siguientes páginas se centra en la fase ganadera y muy especialmente en los principales eventos y rutinas que caracterizan el manejo del ciclo reproductivo y productivo del ganado porcino.

El libro manejo productivo de cerdos también sugiere objetivos para el nivel de rendimiento de modo que el productor pueda tomarlo como punto de referencia para el rendimiento de su granja comparados con los estándares de la industria. Se discute cuáles deben ser las estrategias de intervención y acciones que deben tomar en la granja si el rendimiento cae por debajo de las expectativas, en esta forma, tanto la producción como la eficiencia económica pueden ser mejoradas.

El libro considera las siguientes áreas claves:

- Nutrientes en la dieta
- Cerdo Reproductor; Cerda y Verraco
- Lechón Destetado
- Cerdo en crecimiento y acabado

Conversiones

Energía

Expresada como energía digestible (ED) o Energía Metabolizable (EM), estas pueden ser en unidades de Megajoules (MJ) o en Kilo calorías (kcal.).

Ejemplo:

$$\text{Energía Metabolizable (EM)} = 0,96 * (\text{ED})$$

$$1 \text{ MJ} = 239 \text{ kcal.}$$

Calculo:

$$\text{ME} = 0,96 * \text{DE}$$

$$\text{ME} = 0,96 * 239 \text{ kcal}$$

Por consiguiente, 1MJ ED = 230 kcal EM

Tabla de referencia:

MJ DE	Kcal ME
13.0	2990
13.5	3105
14.0	3220
14.5	3335
15.0	3450

Peso

Kilogramos (kg) a libras (lb): multiplicar por 2.2

Tabla de referencia:

Kg	Lb
5	11
20	44

50	110
100	220
150	330

Temperatura

Centígrados (C) a Fahrenheit (F): $(^{\circ}\text{C} \times 1.8) + 32$

Tabla de referencia:

$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{F}$
20	68
25	77
30	86
35	95
40	104

Concentraciones

0.1% = 1gm/kg

1% = 10 gm/kg

1ppm = 1 mg/kg o 1 mg/tonelada

CAPITULO 1

1 NUTRIENTES EN LA DIETA

1.1 INTRODUCCION

El alimento representa el mayor costo unitario involucrado en la producción porcina. En muchos países representa entre el 50 al 70% del costo total de producción, estando los dos tercios de este costo representados por la alimentación del cerdo entre los 6 kg hasta faena miento. Por consiguiente, el uso eficiente del alimento es esencial para la eficiencia general y la economía de la producción porcina.

El alimento contiene varias clases de nutrientes que son requeridos para el crecimiento adecuado y desarrollo animal, para asegurar un buen rendimiento reproductivo y para aumentar su bienestar y estatus inmunológico. Los mayores nutrientes son la energía y proteína; mientras que los minerales y vitaminas son requeridos en cantidades menores.

1.2 ENERGÍA

Según Marotta et al. (2009) la energía es el nutriente más limitante en el alimento. Es requerido para mantener las funciones metabólicas del cuerpo y así la energía se encuentra limitada, aunque todos los otros nutrientes sean aportados en el balance óptimo, el animal no podrá alcanzar su verdadero potencial genético.

La energía es requerida para un número de procesos y funciones, que en referencia al trabajo de Murcia et al. (2021) podemos definir a continuación:

- **Para el mantenimiento** que está representado por la respiración, circulación sanguínea, movimientos musculares, digestión, excreción, reciclaje de los tejidos orgánicos y está relacionada con el peso corporal del animal.
- **Para el control de la temperatura corporal** especialmente cuando los animales son mantenidos por debajo de su temperatura óptima.
- **Para la acumulación de proteína y grasa** y por consiguiente del crecimiento de carne y grasa.
- **Para el crecimiento y desarrollo fetal y tejidos de la concepción**
- **Para la producción de leche** durante la lactancia

La energía es derivada de la oxidación de las fracciones de carbohidratos, grasas y proteínas del alimento, las mayores fuentes de energía son los carbohidratos, grasas y aceites. La energía bruta aportada por las diferentes fuentes es:

Carbohidratos/almidón	4182.5 Kcal EB/kg
-----------------------	-------------------

Proteína	5640.4 Kcal EB/kg
Grasa/aceite	9392.7 Kcal EB/kg

Sin embargo, la eficiencia de la energía de las fuentes utilizada es diferente. La utilización de la energía eficiente para el engorde está en el rango: 0.90 para la grasa, 0.75 almidón y 0.65 para la proteína.

Las unidades utilizadas para el cálculo de energía pueden ser Mega-Joules (MJ) o Mega-Calorías (Mcal).

- Para convertir Mcal en MJ: multiplicar por 4.184
- Para convertir MJ en Mcal: multiplicar por 0.239

Energía Bruta (EB) es la unidad basal de energía y es una medida del calor generado durante la combustión. (Vázquez-Carrillo et al., 2021)

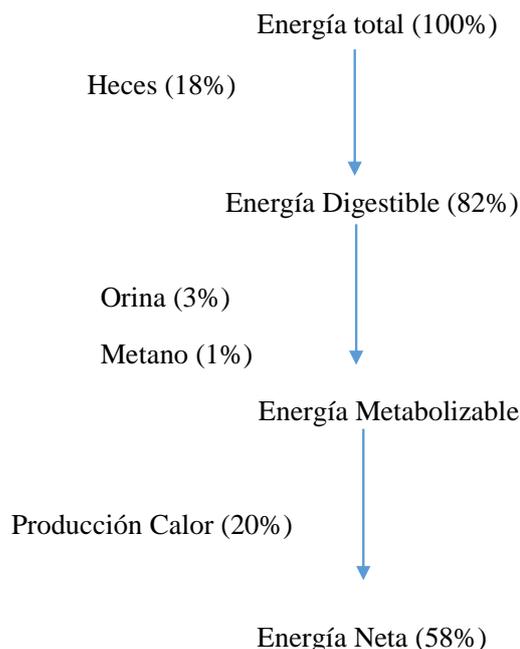
Energía digestible (ED) es la medida de la energía disponible para el animal, habiéndose considerado las pérdidas debidas al material no digerido contenido en las heces. (J. Noblet et al., 2004)

Energía metabolizable (EM) Corregida para las pérdidas en la orina y como metano. En los cerdos esas pérdidas de energía son pequeñas y para las dietas más convencionales basadas en cereales, la EM puede ser calculada a partir de la ED utilizando el factor de conversión 0.96. (J. Noblet et al., 2004)

Energía neta (EN) su contenido en el alimento puede ser determinada si se toma en consideración la producción de calor asociada con los procesos digestivos. Esta es la medida ideal para los requerimientos de energía, debido que expresa los requerimientos del animal y el contenido de energía del alimento sobre la misma base.(Baeza Gozalo & Palomo Yagüe, 2021)

Las pérdidas de energía típicas asociadas con la digestión de la energía en la dieta se muestran a continuación:

Ilustración 1 Pérdidas de energía asociadas a los procesos de digestión de la energía.



Elaborado por: 1 El Autor (2023) en referencia al trabajo de Cuartas Cardona et al. (2013)

Figura 1.1.1 utilización de la energía en el cerdo

Diferentes sistemas de evaluación de energía son utilizados en diferentes países. En el Reino Unido y Australia se utiliza el sistema de ED, mientras que, en varios países europeos, USA y en muchos países asiáticos, es preferido el sistema de EM. Más recientemente, el sistema de EN está ganando aceptación.

No es necesario medir el contenido de energía de cada ingrediente, o, en consecuencia, en la dieta. Existen ecuaciones que permiten calcular el contenido de energía de la dieta a partir del conocimiento de su composición química. Por ejemplo, las ecuaciones típicas para cerdos en engorde podrían ser:

$$\text{ED (MJ/kg DM)} = 17.47 + 0.0158 \text{ A-aceite} + 0.0079 \text{ CP} - 0.0331 \text{ Cenizas} - 0.01405 \text{ FND}$$

$$\text{ED (MJ/kg DM)} = 17.44 + 0.016 \text{ EE} + 0.008 \text{ CP} - 0.038 \text{ Cenizas} - 0.015 \text{ FND}$$

$$\text{EN (MJ/kg DM)} = 0.703 \times \text{DE} + 0.0066 \text{ EE} - 0.0041 \text{ CP} - 0.0041 \text{ CF} + 0.0020 \text{ ST}$$

Donde A-aceite= hidrólisis ácida del aceite, PC = proteína cruda, FND = fibra neutro detergente, EE = extracto etéreo, FC = fibra cruda y ST = contenido de almidones de la dieta. Los valores son expresados como g/kg.

Aunque los estimados derivados de las ecuaciones anteriores pueden no ser exactos, son útiles para evaluar el contenido de energía de los alimentos para cerdos. Sin embargo, la exactitud en la predicción de la EN a partir de la ED depende de la composición química de la dieta, la eficiencia de la utilización de energía y el tipo de producción.

Los nutrientes digestibles de diferentes fuentes, como por ejemplo almidones, azúcares, grasas, proteínas y fibra, son utilizados en forma diferente por el cerdo y el cálculo de la EN a partir de la ED variará dependiendo del sustrato nutriente. (N et al., 2017) Por ejemplo, el almidón y la grasa digestibles son convertidos más eficientemente en EN que la proteína o fibra digestibles. Por consiguiente, las dietas altas en almidones y grasa digestible tienen relativamente valores más altos de EN que aquellos con alto contenido de proteína y fibra (Tabla 1.1.1)

Tabla 1.1.1. Relación de EN a ED para ingredientes alimenticios seleccionados

	ED	EN	EN/ED(%)
Dieta basal (MJ/kg DM)	15.6	11.1	71
Almidón de maíz	18.0	14.5	82
Aceite de colza	37.0	33.2	90
Azúcar	16.2	12.6	78
Mezcla proteica	23.0	14.7	64
Mezcla de fibra	8.6	4.9	57

Elaborado por: 2 El Autor 82023), en referencia a J. Noblet et al., (2004)

1.3 PROTEÍNA Y AMINOÁCIDOS

Las proteínas aportan a la dieta para suplir aminoácidos, debido que son bloques constituyentes de las proteínas en una secuencia definida. Por consiguiente, es más apropiado discutir los requerimientos de aminoácidos en lugar que de proteína.

Existen 20 aminoácidos primarios, pero solo la mitad de esos son aminoácidos 'esenciales' (AAE), esto significa que no pueden ser sintetizados por el cerdo y por consiguiente deben ser aportados por la dieta. El resto son definidos como no esenciales (AANE) porque ellos son sintetizados en cantidades suficientes por el cuerpo (Tabla 1.2.1).

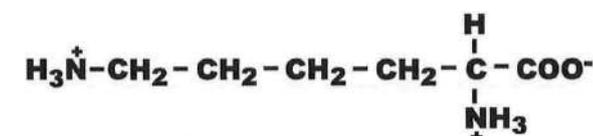
Tabla 1.2.1. Clasificación de los Aminoácidos

Clasificación de los aminoácidos.		
Esenciales (AAE)		No-Esenciales (AANE)

Arginina	Alanina
Histidina	Asparagina
Isoleucina	Ácido aspártico
Leucina	Cistina
Lisina	Ácido glutámico
Metionina	Glutamina
Fenilalanina	Glisina
Treonina	Prolina
Triptofano	Serina
Valina	Tirosina

1.3.1 Proteína *Elaborado por: 3 El Autor (2023) en referencia a lo mencionado por ideal*

La lisina es considerada como el aminoácido más esencial, o de referencia. Todos los otros aminoácidos requeridos por el cerdo pueden ser expresados en un patrón o balance relativo a la lisina, pero este balance cambia dependiendo si es requerido para el crecimiento, gestación o lactación. Esto es llamado la Proteína Ideal



Lisina

La proteína ideal es una proteína que contiene aminoácidos esenciales en las relaciones deseadas entre sí y con el aminoácido más esencial. Mientras más cercana se encuentre la composición de AAE de la dieta con la proteína ideal, más eficientemente es utilizada la dieta, menos aminoácidos son desperdiciados y la excreción de nitrógeno será menor.

El perfil de aminoácidos de la proteína le confiere su individualidad, esto es: proteína de la leche, huevo, carne o vegetal

A semejanza con la energía, los requerimientos de lisina y otros aminoácidos esenciales están basados en los requerimientos para el mantenimiento y para la ganancia en proteína, asumiendo que la proteína contiene un promedio de 7% de lisina. Para el animal en lactación, es el contenido de proteína o de lisina el que fija los requerimientos de la marrana.

La digestibilidad de la proteína o de aminoácidos debe ser considerada y en el pasado era común calcular los requerimientos sobre la digestibilidad total o aparentemente total de la

proteína o de los aminoácidos. Sin embargo, parte de esos aminoácidos excretados pueden haber sido provenientes de secreciones digestivas y células perdidas en el tracto intestinal, lo que representa la proteína y aminoácidos endógenos o metabólicos, que no están relacionados con el alimento en sí. Por consiguiente, la corrección para las pérdidas endógenas ofrecerá un valor real de los aminoácidos digestibles y esto puede ser 5-20% mayor que la digestibilidad total aparente de los aminoácidos individuales (Tabla 1.2.2).

1.3.2 Balance de aminoácidos

En la mayoría de las dietas porcinas, la lisina es el principal aminoácido limitante y es costumbre definir la meta del requerimiento del animal y/o el contenido en la dieta y luego derivar las cantidades requeridas para los otros aminoácidos basados sobre el balance ideal de aminoácidos.

Tabla 1.2.2. Comparación de Digestibilidad aparente.

Comparación de las digestibilidades aparente (Ap) y verdadera (Ve) para aminoácidos e ingredientes seleccionados

	Lysine Ve	App Ve	Methionine APP Ve	Treonine App VE	Tryptophan App VE			
Cebada	67	76	77	82	65	80	67	77
Trigo	75	84	85	90	72	86	80	88
Maíz	62	76	82	87	63	80	55	76
Harina de Soya (44%)	88	89	88	90	83	86	85	87
Harina de colsa	71	74	79	81	75	79	79	82
Arvejas	79	81	69	74	69	76	64	70
Frijoles	80	82	61	66	71	77	62	68
Pescado (65%)	88	89	88	89	86	88	84	86
Harina de carne y hueso (48%)	75	77	75	77	70	74	68	73
Harina de carne (54%)	76	77	83	84	75	78	74	78

Elaborado por: 4 El Autor (2023) en referencia a Rademacher et al. (1999)

El balance en el cual los aminoácidos son requeridos por el cerdo varía con el peso corporal y la etapa de producción, que es el crecimiento, gestación y lactación. En términos de crecimiento, a medida que el cerdo se hace más pesado, se requiere más proteína para el mantenimiento corporal y puede también existir un cambio en los requerimientos de aminoácidos específicos, por ejemplo, de treonina, y aminoácidos azufrados metionina y

cistina, relativos a los de la lisina. (Paulino, 2016) Un perfil de típicos aminoácidos que cumple con los requerimientos de los cerdos en crecimiento es presentado en la Tabla 1.2.3.

Tabla 1.2.3. Patrones de aminoácidos esenciales en cerdos

Patrón ideal sugerido para aminoácidos esenciales para cerdos en crecimiento (relativo a la lisina)

Lisina	100
Histidina	32
Isoleusina	50-60
Leucina	100
Metionina + Cistina	50-60
Fenilalanina + Tirosina	90-100
Treonina	65-70
Triptofano	18-20
Valina	68—70

Elaborado por: 5 El Autor (2023)

La metionina y cistina son llamadas aminoácidos 'azufrados' y usualmente son consideradas en conjunto. La cistina puede ser sintetizada a partir de la metionina. Sin embargo, la metionina no puede ser sintetizada a partir de cistina y por consiguiente es esencial. Es necesario aportar por lo menos el 50% de los aminoácidos azufrados dietéticos como metionina. (Armas, 2022)

De igual forma, la fenilalanina y tirosina son llamadas aminoácidos 'aromáticos' y también son consideradas en conjunto. La fenilalanina puede cubrir el requerimiento total de fenilalanina y tirosina porque puede convertirse en tirosina. La tirosina puede satisfacer por lo menos el 50% de los requerimientos totales de esos dos aminoácidos, pero no puede servir como única fuente porque no puede ser convertida en fenilalanina. (Armas, 2022)

1.3.3 Balance de aminoácidos/energía

Es importante tener la cantidad correcta de energía en la dieta para estimular el metabolismo proteico o de aminoácidos y la ganancia de peso. (Ojeda & Ganadería, 2022) Por esta razón usualmente se han expresado los requerimientos de energía y lisina relativos entre sí, Ej.: lisina total o disponible/ MJ ED. La relación correcta optimizará el rendimiento del cerdo.

Demasiada energía en relación con la lisina dará lugar a excesivos depósitos de grasa; mientras que muy poca energía en relación con la lisina resulta en una ganancia de proteína muscular disminuida y desperdicio de la proteína dietética que es luego excretada por el animal

dando lugar a la contaminación ambiental. La proteína, ofrecida en exceso, puede ser convertida en energía y utilizada para los depósitos de grasa. Sin embargo, este es un desperdicio de proceso. (McDonald, 1964)

La óptima relación entre lisina: ED no es un valor absoluto, pero depende de muchos factores incluyendo el sexo y línea del cerdo, su estado de salud, nivel de producción, el medio ambiente de alojamiento (clima y microclima) y el estado fisiológico, que corresponde al crecimiento, engorde o reproducción del cerdo.

1.3.4 Fuentes de Proteína

Las proteínas en la dieta pueden ser aportadas a partir de un número de fuentes dependiendo de la clase del animal: lácteas, vegetal, animal, pescado, cereales y otras (Tabla 1.2.4). La selección apropiada para las materias primas es la clave para cubrir los requerimientos de proteína y aminoácidos del cerdo. (Marcelo et al., 2019)

Tabla 1.2.4. Tabla de fuentes de proteína para alimentación animal.

Principales fuentes de proteínas para la dieta de cerdos

Leche	Vegetal	Animal/Pescado	Cereales	Otras
Leche descremada	Soya	Harina de carne y huesos	Maíz	Aminoácidos
Suero en polvo	Productos-Soya	Harina de sangre	Trigo	Levaduras
Suero delactosado	Proteína de pasta	Proteína de plasma	Cebada	
Concentrado de proteína de suero	de Gluten-Trigo	Proteína de huevos	Avena	
Caseína	Harina de colza	Harina de pescado	Alimentos de trigo	
	Leguminosas	Harina de plumas	Arroz	

Elaborado por: 6 El Autor (2023), en referencia a lo publicado en *Ingredients* (2022)

Durante años, las proteínas animales fueron ampliamente usadas en la alimentación de cerdos. Sin embargo, éstas han sido prohibidas en muchos países a consecuencia de la aparición de la BSE y otras enfermedades relacionadas. Similarmente, han sido aplicadas considerables restricciones sobre el uso de harinas de pescado por la disminución de las cantidades de peces. Esto ha promovido la búsqueda de alternativas a esas fuentes tradicionales de proteína dietética, especialmente para lechones.

1.4 CARBOHIDRATOS NO ALMIDONOSOS Y FIBRA

1.4.1 Fibra

La fibra en si no es un nutriente necesario, pero los cerdos requieren fibra en la dieta para el funcionamiento corporal normal. La fibra es una mezcla compleja de carbohidratos vegetales que son resistentes a la degradación por las enzimas del intestino delgado del sistema digestivo. Sin embargo, ésta puede ser fermentada por las bacterias en el intestino grueso.

También ha sido medida tradicionalmente en el alimento como fibra cruda (FC), pero otros procedimientos, como el análisis para fibra neutro detergente (FND) o polisacáridos no almidonosos (NSP) ofrece una caracterización del contenido de fibra de la dieta. Una comparación de los diferentes constituyentes de la fibra se muestra a continuación:

Tabla 1.3.1. Comparación de los valores de fibra dietética para ingredientes de la ración (g/kg MS)

Ingredientes	FC	FND	NSP
Trigo	23	110	110
Cebada	52	150	147
Avena	91	248	253
Afrecho de trigo	85	390	360
Gluten de maíz	74	360	368
Cáscara de soya	354	599	868
Harina de soya	85	189	190
Arvejas	65	109	202
Frijoles	75	134	170
Harina de colza	120	295	286
Lupinos	153	258	571
Pulpa de remolacha	174	429	635
Pulpa de cítricos	118	321	415
Paja de trigo	400	770	632

Elaborado por: Extraído de (Whittemore, 1997)

Durante la fermentación bacteriana en el intestino grueso, son liberados ácidos volátiles (AGV) que pueden ser absorbidos y utilizados por el animal como una fuente de energía. Los tres principales ácidos grasos producidos son los ácidos acéticos, propiónico y butírico. El acético es el principal ácido producido en el intestino grueso.

La eficiencia de utilización de los AGV es de solo el 50% de la energía proveniente de los carbohidratos. Ciertamente, la EM efectiva de la fibra digerida puede ser solamente el 50% de

su valor de ED. Las marranas son mejores utilizadoras de las fuentes fibrosas que los cerdos en crecimiento, con mayor eficiencia de la utilización de la energía.

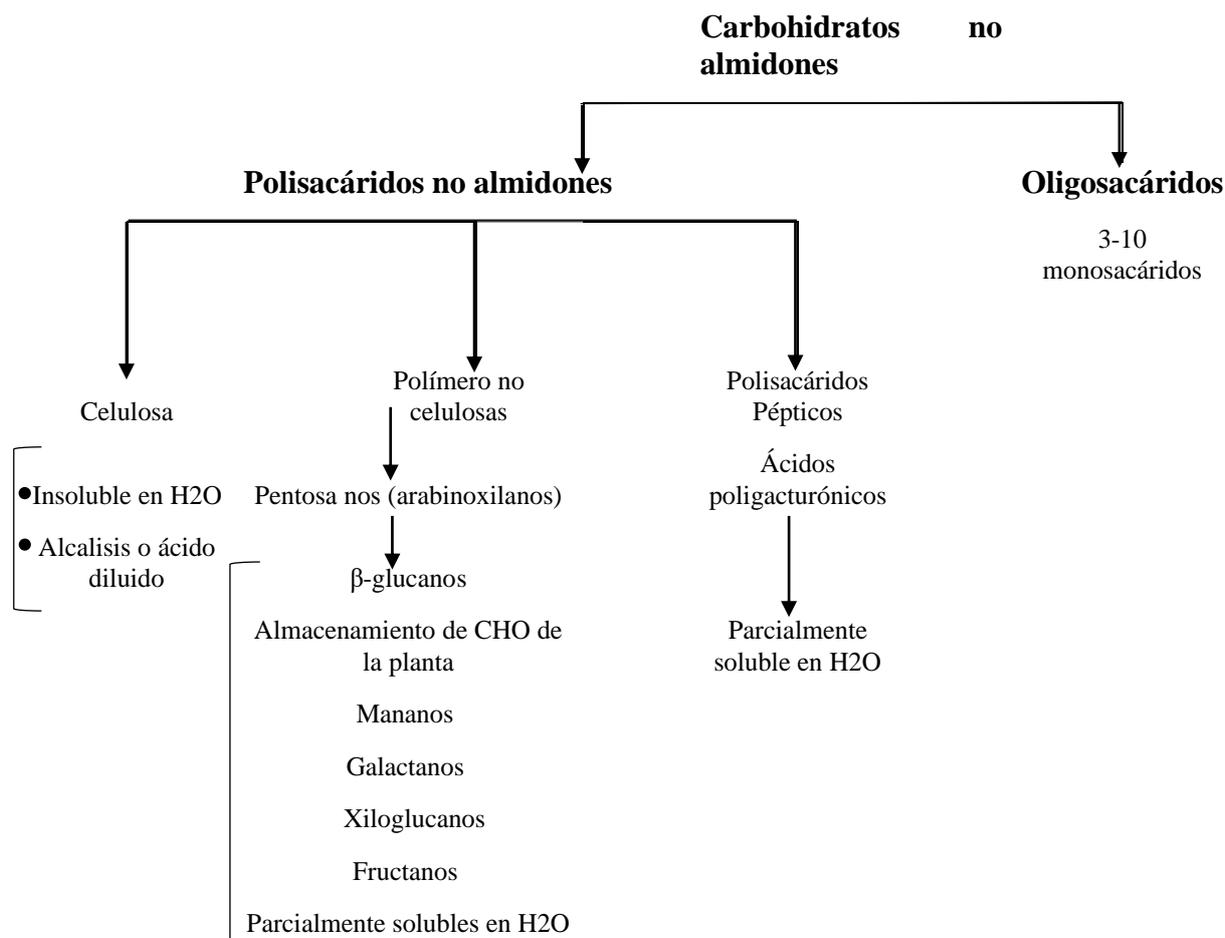
La fibra es esencial para todos los cerdos, pero especialmente para el animal reproductor, porque aumenta la tasa de pasaje de la digesta a través del intestino, aumenta la sensación de llenado y mejora el comportamiento y bienestar del animal. Sin embargo, el suministro de excesiva cantidad de fibra, especialmente en las dietas para los lechones y crecimiento y acabado, tiene efectos negativos porque diluyen la energía de la dieta y puede interferir con la digestión y disponibilidad de otros ingredientes. (Vasquez & Humberto, 2021)

Existe suficiente contenido de fibra en los ingredientes normalmente utilizados para satisfacer el requerimiento del cerdo en crecimiento-acabado. Sin embargo, la inclusión de fuentes fibrosas en la dieta de marranas gestantes es un hecho común y ha demostrado ser beneficiosa.

1.4.2 Polisacáridos no almidonosos (NSP)

Los carbohidratos no almidonosos incluyen los polisacáridos que no contienen almidón y los oligosacáridos. El componente de fibra de los granos consiste principalmente de polisacáridos no almidonosos, que, en los cereales, que en los cereales forma parte de la estructura de la pared celular. En las leguminosas, el NSP también sirve de forma de almacenamiento de la energía. En monogástricos, el interés en los NSP a menudo está centrado en los efectos antinutritivos de los compuestos solubles de NSP y el uso de enzimas exógenas para contrarrestar esos efectos.

Figura: 1.3.2. Carbohidratos no almidonosos en granos cereales y semillas de leguminosas



Elaborado por: 7 El Autor (2023), en referencia a lo mencionado por (Choct, 1997)

Los polisacáridos no almidonosos están clasificados en tres categorías, denominadas celulosa, polímeros no celulósicos y polisacáridos pectíneos (Choct, 1997) (Figura 1.3.2). La celulosa, un polímero lineal de β (1-4) glucosa, es insoluble y constituye aproximadamente entre 1.5 a 3.5% de la mayoría de los granos cereales (Tabla 1.3.2). En contraste con la celulosa, los polímeros no celulósicos y las pectinas contienen un número de ramificaciones o cadenas laterales. Los pentosanos de cereales o arabinosilanos, están compuestos principalmente por dos pentosas, arabinosa y xilosa, dispuestas en un esqueleto de β (1-4) xilano en el cual se encuentran adheridas las sustituciones (mayormente de residuos de arabinosa).

Las pentosanas no ligadas a las paredes celulares pueden formar soluciones muy viscosas que contienen uniones de cadenas de β (1-4) y (1-3). Las uniones β (1-3) interrumpen las cadenas de β (1-4), previniendo la compactación observada en la celulosa y haciendo al compuesto soluble. Los polisacáridos pectíneos vegetales son galactouronanos (llamados

ramnogalactouronanos) en los cuales las cadenas de α -(1-4) galactouronanos contienen residuos de α -(1-2) ramnosa a intervalos. Dependiendo de la fuente, pueden ocurrir sustituciones de las cadenas laterales por otros complejos.

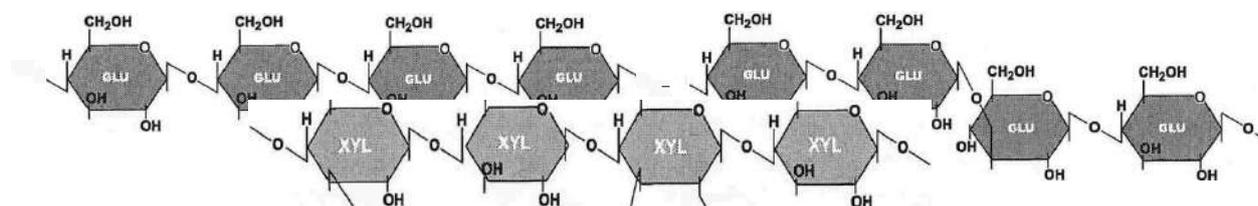


Tabla 1.3.2. Algunos polisacáridos no almidonosos en granos cereales y semillas de leguminosas

Los tipos y niveles de NSP presentes en algunos granos cereales y subproductos de cereales

(%m.s.)

Cereal	Arabinosilanos	β -glucano	Celulosa
Trigo			
Soluble	1.8	0.4	
Insoluble	6.3	0.4	2.0
Cebada			
Soluble	0.8	3.6	
Insoluble	7.1	0.7	3.9
Centeno			
Soluble	3.4	0.9	
Insoluble	5.5	1.1	1.5
Triticale			
Soluble	1.3	0.2	
Insoluble	9.5	1.5	2.5
Sorgo			
Soluble	0.1	0.1	
Insoluble	2.0	0.1	2.2
Maíz			
Soluble	0.1	t	
Insoluble	5.1		2.0
Arroz (perlado)			
Soluble	T	0.1	

Insoluble 0.2 0.3

Elaborado por: 8 El Autor (2023) en referencia a (Choct, 1997)

Las cantidades y composición de NSP difieren entre granos. El NSP en los granos cerealeros está compuesto predominantemente por arabinosilanos (pentosanas), B-glucanos y celulosa. Las semillas de leguminosas contienen más pectinas. Además, la composición de los polímeros no celulósicos y las sustancias pectínicas varían considerablemente.

El principal NSP soluble en el trigo, centeno y triticale es el arabinosilano, mientras que en la cebada y avena es el B- glucano. También resulta interesante que la composición química, y el grado de ramificaciones de las pentosanas, glucanos y pectina difieren marcadamente entre fuentes de granos; una situación que complica la aplicación de un suplemento de enzimas exógenas de actividad simple en estas dietas.

1.4.3 Oligosacáridos

En contraste con NSP, los oligosacáridos tienen cadenas más cortas conteniendo solo 3, 10 monosacáridos. Sin embargo, al igual que los NSP, los oligosacáridos no son digeridos por las enzimas de mamíferos, pero son fermentados por las bacterias intestinales. El interés sobre oligosacáridos en la nutrición de cerdos se fundamenta en:

1. Efectos anti nutricionales de ciertos oligosacáridos en ingredientes alimenticios (especialmente harinas proteicas), y
2. la adición de oligosacáridos específicos para beneficiar la salud intestinal.

El tipo y cantidad de oligosacáridos puede tener un marcado impacto sobre la calidad nutricional de los ingredientes. Las harinas de soya y muchas otras proteínas vegetales contienen a-galacto-oligosacáridos (GOS) rafinosa, estaquiosa y verbascosa. Esos compuestos contienen 1, 2, o 3 Beta (1-3) unidades de galactosa unidas al terminal suerosa. Esos oligosacáridos limitan la inclusión de ciertas proteínas de leguminosas en las dietas de cerdos jóvenes porque son pobremente utilizadas.

Tabla 1.3.3. Concentraciones de oligosacáridos.

Concentraciones de oligosacáridos (mg/g) en ingredientes de alimentos comunes para cerdos (sobre su peso en base fresca)

Ingredientes	Total,			
	Total, FOSc1	Rafinosa	Estaquiosa1	Sucrosa1 oligosacaridos2
Cebada en granos	1.7	2.3	0.02	13.6
Harina de soya, 44% CP	0.0	14.0	52.0	62.9
Trigo rojo duro (invierno)	1.3	4.7	0.06	7.9

Lupinos dulce - australia	4.07
Lupinos (albus)	6.56
Arvejas de campo	3.53
Garbanzos (Desi)	1.65
Garbanzos (Kabuli)	2.08
Frijoles fabas	2.71

Elaborado por: 9 El Autor (2023) en referencia a los contenidos de (Grieshop et al., 2002)

Otros dos oligosacáridos, llamados fructo oligosacáridos (FOS) y manano oligosacáridos (MOS), son adicionados a la dieta de lechones por sus efectos benéficos sobre la salud intestinal. FOS son una mezcla principalmente de unidades de fructosa ligadas por enlaces B (1-2). Las fuentes naturales de FOS incluyen la chicoria y alcachofas, pero en los alimentos comerciales son utilizadas las fuentes sintéticas. FOS están generalmente asociados con el aumento del número de Bifidobacterias intestinales, una importante población de microorganismos productores de ácido láctico.

MOS son derivados del material de la pared celular de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y consisten en un esqueleto de manosa a (1-6)- ligada con ramificaciones en (1-2) y (1-3). Mientras FOS ejerce un efecto nutricional sobre los microorganismos intestinales, MOS tiene un papel funcional en el cual el componente de la manosa imparte la propiedad de bloquear la colonización de los patógenos intestinales con fimbrias Tipo I como son la mayoría de los coliformes a la vez que es importante para la inmunidad asociada con el intestino.

1.5 GRASAS Y ACEITES

La grasa dietética se refiere al componente lipídico de la dieta. Las grasas y aceites aportan energía en una forma más concentrada que los carbohidratos y pueden ser convertidos directamente en grasa corporal o grasa de la leche. Contienen 2,5 veces más energía que los carbohidratos y el almidón. Los términos 'grasa' o 'aceite' generalmente se refieren a la solubilidad por lo que la 'grasa' es sólida a temperatura ambiente mientras que el 'aceite' permanece en forma líquida. (Ionita, 2022)

1.5.1 Tres funciones fisiológicas de los ácidos grasos

Energía: debido que las grasas contienen 2,5 veces más energía que los carbohidratos, sirven como buenas formas de almacenamiento de energía. Por consiguiente, las reservas de energía corporales (tejido adiposo) están basadas en grasas.

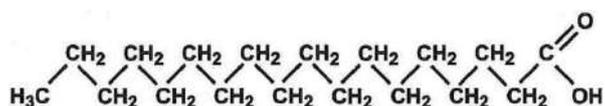
Componentes estructurales: los dobles enlaces en las grasas insaturadas les otorgan funciones más allá del aporte de energía. Las grasas mono y poliinsaturadas forman parte integral de las membranas celulares en forma de fosfolípidos. Los ácidos grasos también forman parte de la estructura de las vitaminas y hormonas liposolubles.

Precusores de reguladores metabólicos. Los ácidos linoléico (C18:2) y araquidónico (C20:4) y el ácido linolénico (C18:3) son precursores de eicosanoides, un grupo importante de reguladores que incluyen las prostaglandinas, prostaciclina y tromboxanos

1.5.2 Estructura y características de los ácidos grasos

Según Aires et al (2005) los ácidos grasos son ácidos orgánicos compuestos por cadenas de carbono (C) con grupos metilo (CH₃) o carboxilo (COOH) en los extremos. Los ácidos grasos están clasificados como 'saturados' (sin dobles enlaces) o 'insaturados'; estos últimos están subdivididos en mono y poli insaturados (PUFA). Los factores distintivos son el número de átomos de carbono en la cadena y el número y ubicación de los dobles enlaces. Considerando que los ácidos grasos son los bloques constituyentes de las grasas, la mezcla de ácidos grasos en las fuentes dietéticas de grasa le confieren sus características específicas:

Ácidos grasos saturados: Las cadenas carbonadas son rectas, no tienen dobles enlaces y el máximo de los átomos de hidrógeno posibles (por lo tanto 'saturados'). Tienen altos puntos de fusión y generalmente permanecen sólidos a temperatura ambiente.



Ácido esteárico (C18:0)

Los Ácidos grasos monoinsaturados tienen un doble enlace y por consiguiente presentan menores puntos de fusión que las grasas saturadas.

Los ácidos grasos saturados son característicos de las grasas animales incluyendo la manteca, sebo de bovinos o tocino de cerdos. Los ácidos grasos sintetizados por los cerdos tienden a ser saturados y monoinsaturados. El ácido palmítico (C16:0) representa el 20-30% de los ácidos grasos en el tocino mientras que los ácidos esteáricos (C18:0) y oleico (C18:1) cuentan por el 10-15% de los ácidos grasos en la carne de cerdo, respectivamente. En contraste, las grasas/aceites de origen vegetal contienen principalmente 18 átomos de carbono con 1-3 dobles enlaces (Azain, 2000)

Cuando en plantas, animales o peces se forman los ácidos grasos con dobles enlaces, éstos se encuentran en la configuración cis. Los ácidos grasos trans son producidos por bacterias ej.:

en el rumen o intestino grueso) o por hidrogenación. La hidrogenación parcial es el proceso de adicionar H-1 a los aceites vegetales poliinsaturados para enderezar las cadenas hidrocarbonadas y por consiguiente el producto se vuelve sólido a temperatura ambiente (ej.: grasas o margarinas vegetales).

Tabla 1.3.4. Principales ácidos grasos en las grasas alimenticias.

Principales ácidos grasos en la grasa alimenticia			
Ácidos grasos saturados	Número de átomos de C:		Punto de fusión (0C)
	número de doble enlaces	Número Omega	
Mirístico	C:14:0		58
Palmítico	C:16:0		63
Estéarico	C:18:0		71.5
Araquídico	C:20:0		75.4
Ácido graso mono-insaturado			
Palmitoleico	C:16:1	(w-7)	1.5
Oleico	C:18:1	(w-9)	16.3
Erucico	C:22:1	(w-9)	
Ácidos grasos poliinsaturados			
Linoléico	C:18:2	(w-6)	-5
a-linolenico	C:18:3	(w-3)	-11.3
Araquidónico	C:20:4	(w-6)	-49.5
Eicosanpentanoico (EPA)	C:20:5	(w-3)	
Decosapentanoico(DHP)	C:22:5	(w-6)	
Decosahexaenoico (DHA)	C:22:6	(w-3)	

Elaborado por: 10 El Autor (2023) en referencia al trabajo de (Aires et al., 2005)

1.5.3 Ácidos grasos esenciales, ácidos grasos omega-3 y -6, ácidos grasos linoléicos conjugados

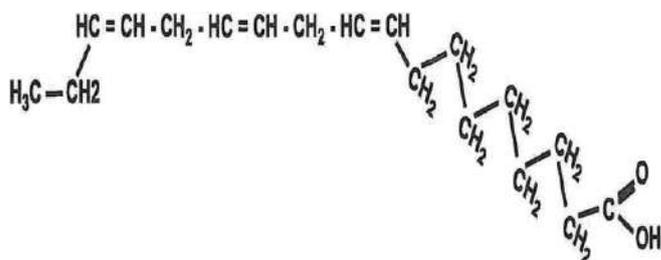
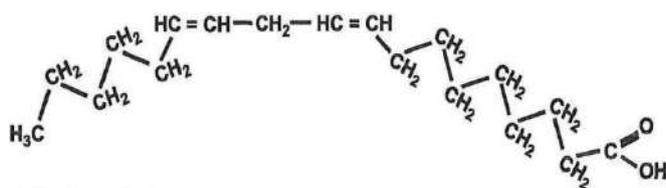
La longitud de la cadena carbonada entre el carbono terminal y los grupos metilo y carboxilo es de alguna significación en nutrición animal. Ciertamente, la longitud de la cadena carbonada y la posición del doble enlace entre estos determinan la categoría del ácido graso.

Los ácidos grasos poli-insaturados con el primer doble enlace presentado entre el carbono 3ro y el 6to. (desde el terminal metilo) son ácidos grasos omega (m)-3 y -6, respectivamente. Esos ácidos grasos, como el linoléico (C18:2), araquidónico (C20:4) y linolénico (C18:3) son de importante significación metabólica porque son requeridos para sintetizar eicosanoides.

Debido que los animales carecen de la capacidad de formar esos compuestos, estos son llamados 'ácidos grasos esenciales' y como tales deben ser obtenidos de la dieta. El NRC (1998) reporta que los requerimientos de ácido linoléico para cerdos deben ser el 0.10%, una cantidad fácilmente aportada en la mayoría de las dietas prácticas basadas en granos.

Otro grupo de ácidos grasos que ha recibido considerable atención son los ácidos linoléicos conjugados (CLAs). Los dobles enlaces no se encuentran separados por el grupo metileno son llamados uniones conjugadas (ej.: -C=C-C=C- en lugar de -C=C-CH₂-C=C-). Los CLA son una mezcla de isómeros encontrados casi exclusivamente en las fuentes de grasa animal, particularmente en rumiantes a pastoreo, aunque otras especies que fermentan la fibra también contienen CLA. Este grupo de ácidos grasos es de actual interés atribuyéndosele potenciales propiedades anticancerígenas

Ácido linoleico (C18:2) (n-6)



Ácido linoleico (C18:2) (n-3)

Figura Ácidos linoléico y linolénico, miembros de la familia de ácidos grasos omega (w)-3 y 6 (las denominaciones de w-3 y w-6 se refieren a la ubicación del 2do. Doble enlaces del terminal metilo que se encuentra en los carbonos 3ro y 6to).

1.5.4 Fuentes de grasas para cerdos

Desde mucho tiempo atrás, cuál es la composición de ácidos grasos de la dieta ha sido reconocida como un importante factor en las influencias de la calidad de la grasa del cerdo. ¿Actualmente, El principal interés está en el contenido de ácidos grasos poliinsaturados y en los ácidos grasos? -3 En particular, a los cuales se les atribuye beneficios sobre la salud.

Un aumento en los ácidos grasos se C:18 (?-3) Y C20:5 (?-6) puede ser logrado utilizando aceites de lino o de canola. Sin embargo, estos son sensibles a la rancidez oxidativa y como resultado pueden causar alteraciones en el sabor. Por consiguiente, es esencial no fijar el nivel de ácidos grasos poliinsaturados demasiado altos, especialmente el del ácido linolénico (C18:3). Este no debería exceder el 3% del total del contenido de ácidos grasos.

La carne de cerdo es saludable en términos de balance entre ácidos grasos poliinsaturados y saturados. Desde la perspectiva de la salud humana, la relación de PUFA recomendada es de 0,4.

No cerdos particularmente las marranas lactando pueden beneficiarse en condiciones adecuadas de hasta un 8 a 10 en la dieta sin embargo desde tener cuidado con relación al perfil de ácidos grasos y el balance de grasas saturadas e insaturadas y la tasa correcta de ácidos grasos mono insaturados y poliinsaturados

Las diferentes fuentes de grasas pueden ser utilizadas por separado o en mezclas siendo el sebo bovino y los aceites vegetales los más comunes ADN dados a las dietas de cerdos el perfil típico de ácidos grasos de los principales aceites y grasas en nutrición porcina es presentado en la tabla (2.4.2).

Tabla 2.4.2. Composición de ácidos grasos de aceites y grasas seleccionados (g/100g).

Número de C	14:00	16:00	18:00	16:01	18:01	18:02	18:03	>20
Aceite de maíz	0.1	10.9	1.8	-	24.2	59.0	0.7	-
Aceite de linaza								
Aceite de soya	0.1	10.3	3.8	0.2	22.8	51.0	6.8	0.2
Aceite de colza	-	4.0	1.8	0.2	56.1	20.3	9.3	3.6

Aceite de cártamo	0.1	6.2	2.3	0.4	11.7	74.1	0.4	-
Aceite de girasol	-	5.4	3.5	0.2	45.3	39.8	0.2	-
Tocino	1.3	23.8	13.5	2.7	41.2	10.2	1.0	1.0
Grasa bovina	2.4	24.9	18.9	4.2	36.0	3.1	0.6	0.3
Grasa blanca selecta	1.9	21.5	14.9	5.7	41.1	11.6	0.4	1.8
Aceite de pescado	5.6	12.5	3.0	7.1	18.3	2.6	2.1	40.6
Leche de marrana	3.8	26.6	3.3	12.1	33.7	18.8	1.5	0.1

1.6 MINERALES

Los minerales están involucrados en una variedad de funciones dentro del cuerpo. Esas incluyen:

- Estructurales:** Los minerales forman los componentes estructurales de los tejidos y órganos del cuerpo.
- Fisiológicas:** Los minerales se encuentran en los fluidos y tejidos corporales como electrolitos y mantienen la presión osmótica, el balance ácido-base, la permeabilidad de las membranas y la estabilidad tisular.
- Catalíticas:** Actúan como catalizadores en los sistemas hormonales y enzimáticos y constituyen parte integral y activadores de todas las metaloenzimas.
- Reguladoras:** Se ha determinado que regulan la división y la diferenciación celular.

Los minerales consiguientes son esenciales para el funcionamiento normal del cuerpo.

En total hay 22 minerales esenciales; algunos están presentes y son requeridos por el cuerpo en cantidades mayores (macrominerales) y otros en cantidades considerablemente pequeñas (micro minerales o trazas). El requerimiento para 15 minerales ha sido establecido, pero para los otros siete, no ha sido establecido un requerimiento definido. Existen otros seis elementos que se conocen principalmente por sus propiedades tóxicas, pero pueden ocasionalmente cumplir con el criterio de un elemento esencial.

Tabla 2.5.1. Minerales dietéticos esenciales.

Macrominerales	Minerales traza	Esenciales, pero los requerimientos no conocidos	pero no son	los esenciales perotóxicos
----------------	-----------------	--	-------------	----------------------------

Calcio	Cromo	Boro	Aluminio
Fosforo	Cobalto	Litio	Arsénico
Potasio	Cobre	Molibdeno	Cadmio
Magnesio	Yodo	Níquel	Flúor
Sodio	Hierro	Sílice	Plomo
Cloro	Manganeso	Estaño	Mercurio
Azufre	Selenio Zinc	Vanadio	

1.6.1 Fuentes de minerales

Todas las materias primas de la dieta contienen minerales, pero usualmente son insuficientes para cubrir las necesidades del animal. Como consecuencia, los minerales son adicionados a la dieta proviniendo de fuentes inorgánicas y orgánicas.

Tradicionalmente las sales inorgánicas, como los sulfatos, carbonatos y óxidos han sido adicionados a la dieta para aportar el nivel correcto que cubra las necesidades del animal. Esas sales son hidrolizadas en el tracto digestivo para formar iones 'libres' y son luego absorbidos. La absorción puede ser por difusión o en algunos casos puede ser medida por transportadores.

Los iones libres sin embargo son muy reactivos y pueden formar complejos con otras moléculas en la dieta que resultan difíciles de absorber. La disponibilidad del mineral dentro del tracto digestivo puede variar considerablemente y bajo condiciones extremas, si está completamente ligado, puede resultar totalmente no disponible para la absorción. Debido a estas incertidumbres, los niveles ofrecidos en la dieta son a menudo mayores de las cantidades requeridas para el rendimiento óptimo y en esto da lugar a una sobredosificación e innecesario desperdicio con obvio impacto ambiental ya que grandes cantidades de minerales no digerido son excretados por el animal. La necesidad de suplir formas inorgánicas minerales en exceso también contribuye a las interacciones minerales que origina la reducción en disponibilidad por competencia en la ruta de absorción como ocurre entre los iones de zinc y cobre. En consecuencia, ha surgido un creciente interés en el papel de las fuentes orgánicas o de proteínas de minerales traza a fin de cubrir la mayor demanda mineral de los genotipos modernos.

1.6.2 Proteinatos minerales (Bioplex)

Los proteinatos contienen elementos traza quelatados con aminoácidos en pequeños péptidos de longitud variables de cadena. Son formados por la reacción de un sulfato metálico con el hidrolizado producido de proteína vegetales que han sido tratados con enzimas proteasas, que dan lugar a una mezcla de quelatos de aminoácidos y pequeños péptidos. La meta de la

producción de este tipo de complejos minerales es de reproducir muy cercanamente las formas minerales que existen en las plantas.

Los proteinatos son similares a muchos complejos minerales encontrados en los forrajes, granos y leguminosas; y son metabolizados en forma muy parecida a los de ocurrencia natural, que en definitiva resultan absorción y retención. Esto les otorga ventajas exclusivas sobre las fuentes inorgánicas de minerales en la nutrición y metabolismo:

Los proteinatos son absorbidos por la vía de paso de péptidos y aminoácidos, en vez que por la vía de absorción de iones minerales (difusión) en el intestino delgado

Ellos no compiten con otros minerales por los mismos lugares de absorción de minerales.

Son más estables y protegidos de reacciones adversas (precipitación) con otros minerales.

Ventajas metabólicas: retención aumentada

Los proteinatos son transportados por vía de diferentes mecanismos que los iones absorbidos.

Alcanza más fácilmente los órganos, tejidos específicos o funciones en el cuerpo.

Los proteinatos son mayormente retenidos, capacitando a animal ara formar reservas en los tejidos.

Reducción del impacto ambiental.

1.6.3 Cromolevadura y selenolevadura

Debido que las levaduras son parte del reino vegetal, pueden ser utilizadas para producir formas altamente metabolizables de dos minerales traza que son difíciles de suplementar, específicamente el selenio y el cromo. Aunque a menudo son limitantes en las dietas prácticas, ni el selenio ni el cromo son capaces de formar el tipo de ligadura de proteinato que es biológicamente útil para el animal; y los complejos sintéticos con esos minerales traza son a menudo ineficaces.

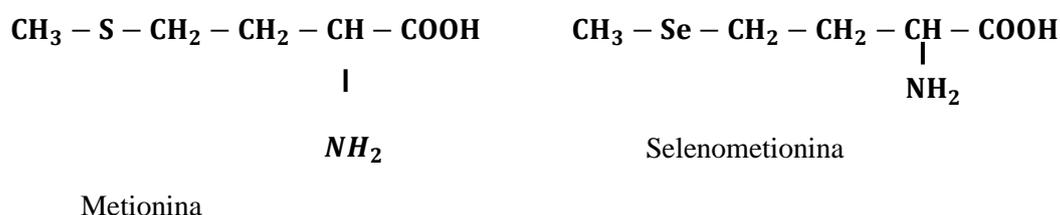
En contraste, la levadura produce las formas biológicamente activas de esos elementos traza. Cuando son agregados al medio de cultivo de cepas seleccionadas de *Saccharomyces cerevisiae*, la levadura utiliza el cromo para formar el 'Factor de Tolerancia a la Glucosa', la forma biológicamente activa del cromo trivalente (Cr^{+3}) en el metabolismo animal. A diferencia del cromo hexavalente (Cr^{+6}), el Cr trivalente en esta forma es fácilmente absorbido y no hay peligro de intoxicación.

Las formas de selenio producidas por la levadura y otras plantas también son marcadamente diferentes de a forma inorgánica (selenito). La levadura forma la selenometionina (Figura2.5.1), que difiere de la metionina solo por la sustitución del Se en el lugar de azufre. Al

igual que la metionina, solo las planta, levaduras y ciertas algas pueden formar selenometionina, los animales no pueden. La metionina y su selenio aminoácido análogo son usados para formar proteínas vegetales.

Cuando son ingeridos por los animales, ambas se transforman en parte de las proteínas. En el caso de la selenometionina, esta aporta a los tejidos animales las reservas disponibles para los periodos de aumento de la demanda por selenio como durante la gestación a loa respuesta inmunológica. La selenometionina también es transferida al feto, así como en el calostro y la leche para aportarle Se al recién nacido. En contraste, muy poco Se inorgánico encuentra su camino hacia las proteínas corporales incluyendo el calostro o la leche.

Figura: 2 Metionina (Izquierda) Y Selenometionina (Derecha)



Una visión general del papel y funciones de cada mineral, los síntomas de deficiencias y los principales factores relacionados con su uso son presentados en las páginas siguientes. Los requerimientos específicos para cerdos reproductores, destetados, y las fases de crecimiento/acabado son presentados en los capítulos correspondientes.

1.6.4 Macrominerales

Calcio (ca)	Función	
		<ul style="list-style-type: none"> • Esencial para el crecimiento y mineralización de los huesos • Requiere para el mantenimiento de integridad y permeabilidad de la membrana celular. • Esencial para el funcionamiento normal de las células nerviosas • Involucrada en el movimiento y coordinación muscular • Secreción de las glándulas endocrinas • Control de respuestas específicas: ej.: coagulación y anticoagulante sanguíneo
	Deficiencia	<ul style="list-style-type: none"> • Pobre crecimiento y supervivencia • Raquitismo, osteoporosis y laminitas • Envaramiento y articulación dolorosas

- Síndrome de lomo encorvado
- Parálisis posterior o 'síndrome de marrana caída'
- Fiebre de leche
- Hipertensión

Hechos

- El ca es el mineral más abundante del cuerpo
- El cuerpo maduro del cerdo contiene 2% ca, del cual 99% está presente en el tejido duro, como huesos y dientes.
- El ca y el p son requeridos en la dieta en relación de 1.3-1.5:1
- La absorción eficiente del ca requiere suficiente vitamina d dietética
- Grandes cantidades de grasa y ácido fítico limitan la absorción del ca

Fosforo (p)

Función

- Esencial para el crecimiento y mineralización de los huesos
- Componente de todos los tejidos blandos y membranas celulares
- Crecimiento, mantenimiento y reparación de tejido corporales
- Crecimiento, mantenimiento y reparación de tejidos corporales
- Crecimiento celular y diferenciación
- Balance ácido-base y metabolismo muscular
- Metabolismo intermedio: utilización de carbohidratos, grasas y proteínas
- Componente de las proteínas y activador de las vitaminas b

Deficiencia

- Similar a la deficiencia de ca, pero incluyendo:
- Pobre crecimiento y consumo de alimento
- Trastornos reproductivos

Hechos

- 1% del peso corporal del cerdo maduro es p; 80% está presente como sales de ca y mg en los tejidos duros como huesos y dientes
- La vitamina d y el ca son esenciales para la adecuada utilización del p; la relación de ca:p debería de 1.3-1.5 :1
- El exceso de fe y mg pueden limitar la utilización del p
- En muchos granos cerealeros se encuentra presente en

forma de fitato de p, el cual no es disponible para el animal.

- La adición de la enzima fitasa a la dieta aumenta la disponibilidad de p, de modo que puede reducirse la inclusión de p en la dieta, resultando en una menor excreción de p

Potasio (k)	Función	<ul style="list-style-type: none"> • Balance electrolítico y acido-base • Componente de todos los tejidos blandos del cuerpo • Varias enzimas tienen requerimientos específicos de k • Involucrado en la respiración por el intercambio con cloruros • Función neuromuscular • Ayuda al organismo a eliminar productos de deshechos
	Deficiencia	<ul style="list-style-type: none"> • Pobre apetito y anorexia • Rendimiento reducido • Debilidad muscular e incoordinación • Rigidez y parálisis; inactividad • Pelaje hirsuto • Edema e hipoglucemia
	Hechos	<ul style="list-style-type: none"> • K es el tercer mineral más abundante en el cuerpo del cerdo • Trabaja continuamente con el sodio (na) en la regulación del balance hídrico corporal y para asegurar la normal función de nervios y músculos
Magnesio (mg)	Función	<ul style="list-style-type: none"> • Constituyente esencial de los huesos • Mantenimiento de las membranas celulares y su integridad • Co-factor enzimático • Fosforilación oxidativa y producción de atp • Metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas • Constituyente de los fluidos extracelulares del cuerpo • Relajación y contracción muscular; tensión nerviosa • Prevención de enfermedades cardiacas y latido cardiaco irregular • Remoción de exceso de sustancias tóxicas del cuerpo: ej.: amoniaco
	Deficiencia	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento y eficiencia alimenticia reducidos; pérdida del apetito

- Hipertensión/ hiperirritabilidad
- Temblores musculares e incoordinación
- Renuncia a pararse; miembros débiles
- Pérdida del equilibrio
- Tetania, convulsiones y muerte
- Latido cardíaco irregular
- Aumento del estrés y pérdidas por goteo en las carnes

Hechos

- El mg, así como la vitamina d, entre querido para el metabolismo del ca y p y está involucrado en el balance electrolítico (k, na y cl)
- El mg es esencial para la adecuada función de nervios y músculos y también está involucrado en la conversión del azúcar sanguíneo en energía

**Sodio (na) y Función
cloro (cl)**

- Regulación homeostática y del balance osmótico
- Regulación ácido base
- Transporte substratos
- Cofactor en varias enzimas
- Control del balance hídrico y metabolismo
- Funciones nerviosa y muscular

Deficiencia

- Reducido crecimiento y eficiencia alimenticia; pérdida de apetito
- Pobre función reproductiva
- Vómitos, sudoración y diarrea
- Debilidad muscular y letargia

Hechos

- Con k, involucrado en el balance acido base en el cuerpo
 - Alta ingestión de na da por resultado la depleción de k
 - Dietas altas en na resultan en alta presión sanguínea en humanos
 - El na ayuda en el mantenimiento del ca y otros minerales a mantenerse soluble en la sangre
 - Los cerdos pueden tolerar niveles altos de cloruro de sodio dietéticos, siempre que tenga acceso a abundante agua de bebida no salina
-

1.6.5 MINERALES TRAZA

Cromo (cr)	Función	<ul style="list-style-type: none">• Esencial para el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas• Cofactor con la insulina en el factor de tolerancia a la glucosa• Involucra en la síntesis de proteínas• Afecta el crecimiento y el rendimiento reproductivo• Puedes reducir los niveles de cortisol
	Deficiencia	<ul style="list-style-type: none">• Reducida tasa de crecimiento y eficiencia alimenticia• Productividad de la manzana disminuida• Longevidad reducida• Reducidos contajes de espermatozoides y fertilidad• Más susceptibles al estrés• Estatus inmunológico reducido
	Hechos	<ul style="list-style-type: none">• El cr (cr+3) trivalente en la forma más activa• El cr orgánico es mejor utilizado por el cr inorgánico• Presente en levaduras de cerveza y otras levaduras• El ejercicio, transporte e infección aumenta el requerimiento de cr• Las fuentes inorgánicas son usadas como marcadores para estudios gastrointestinales
Cobre (Cu)	Función	<ul style="list-style-type: none">• Requerido para la síntesis de hemoglobina y el metabolismo del hierro• Necesario para la síntesis y activación de varias enzimas oxidativas (ej.: superóxido dismutasa), que protege las membranas celulares del daño oxidativo• Esencial para la utilización de vitamina c• Mantenimiento y desarrollo del sistema cardiovascular• Involucrado en la síntesis de prostaglandina• Esencial para la normal función del sistema inmunológico
	Deficiencia	<ul style="list-style-type: none">• Pobre apetito, crecimiento y reproducción• Conduce a una pobre movilización de hierro y anemia• Pobre queratinización síntesis de colágeno• Despigmentación de la piel• Arqueo de las patas y fracturas espontáneas

Hechos

- Alteraciones cardíacas y vasculares
- El Cu facilita la absorción y uso de hierro (Fe)
- Niveles altos de Cu estimulan el crecimiento en cerdos
- Excesivo Ca puede inhibir la absorción de Cu
- El Cu y vitamina C trabaja en conjunto en la formación del colágeno
- El Cu está involucrado en el metabolismo de la tirosina en la pigmentación del cabello/piel
- El Cu es el segundo después del Zn en el número de enzimas que activa
- Los requerimientos de Cu son influidos por la fuente, niveles en la dieta, fuente de Fe y Zn, así como por la proteína dietética

Hierro (Fe)

Función

- Componente de la hemoglobina
- Transporte de oxígeno
- Constituyente de varias enzimas metabólicas
- Esencial para el metabolismo celular y de energía en todo el cuerpo
- Requerido para el crecimiento bacteriano

Deficiencia

- Anemia
- Pérdida del apetito, pobre crecimiento y reproducción
- Letargia y apatía
- Problemas y dificultad respiratorios
- Reducida resistencia a las infecciones
- Pelaje áspero, piel arrugada y hocico y orejas pálidas
- Pérdida de la función cognoscitiva

Hechos

- El Fe es el más abundante de los elementos traza del organismo
- Los niveles altos de Cu pueden reducir la absorción de Fe y causar deficiencia
- El Fe es necesario para el adecuado metabolismo de la vitamina B
- La uteroferrina, un péptido dependiendo del Fe, aumenta la supervivencia embrionaria
- Los lechones recién nacidos tienen bajas reservas de Fe y

desde suplementación de Fe al nacer

Manganeso (Mn)	Función	<ul style="list-style-type: none"> • Síntesis del tejido cognitivo • Necesario para el crecimiento de cartílagos y huesos • Componente de varias enzimas • Involucradas en el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas • Necesarias para la función inmunológica • Involucrado en la reproducción • Formación de protrombina en la coagulación de sangre
	Deficiencia	<ul style="list-style-type: none"> • El Mn bajo aumenta el daño, pero-oxidativo • Asociado con niveles altos de PUFA • Anormalidades esqueléticas • Laminitis, engrosamiento de las articulaciones rotulianas, con miembros torcidos y acortados • Disminución de crecimiento y eficiencia alimenticia • Reproducción alterada: estro irregular/ausente, reabsorción fetal, lechones pequeños y débiles al nacer, producción de leche reducida • Propensión a la obesidad y debilidad
	Hechos	<ul style="list-style-type: none"> • Mn es uno de los menos abundantes elementos minerales traza en el organismo • Los niveles altos de Ca, P, Fe y I pueden reducir la disponibilidad del Mn • Mn es necesario para la adecuada utilización de vitamina B1, Biotina y vitamina C
Selenio (Se)	Función	<ul style="list-style-type: none"> • Antioxidante biológico, protege las membranas celulares del daño oxidativo • Componente de la enzima glutatión peroxidasa • Necesario para el crecimiento y la reproducción, incluyendo la fertilidad del macho • Involucrado en el metabolismo del yodo y la tirosina • Efecto ahorrador de vitamina e • Actúa contra los radicales libres que predisponen al organismo al cáncer
	Deficiencia	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuye la actividad de glutatión peroxidasa

- Crecimiento y reproducción afectados (machos y hembras)
 - Elevada tasa de mortinatos y mortalidad predestete
 - Muertes súbitas y enfermedad del corazón de frambuesa
 - Necrosis hepática (deterioro del hígado y hemorragias)
 - Úlceras gástricas
 - Hemorragia cervical y del colon
 - Enfermedad del músculo blanco (distrofia muscular)
 - Producción y calidad de la leche reducidas
 - Estatus inmunológico deprimido: proliferación de patógenos
- Hechos**
- El requerimiento está influenciado por el estatus de la vitamina E
 - Los niveles altos de metales pesados aumentan el requerimiento de Se
 - El contenido de Se de muchos ingredientes alimenticios es bajo
 - Los lechones con bajos niveles de Se pueden desarrollar tóxicos al Fe cuando reciben una inyección de Fe
 - Alta incidencia de lechones con piernas separadas
 - El nivel normal de inclusión es de 0,3 ppm
 - El Se es tóxico en altas dosis: 5 - 7 ppm

Zinc (Zn)	Función
	<ul style="list-style-type: none"> • Componente de muchas metaloenzimas • Asociado con la hormona insulina • Importante en el metabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas • Esencial para la integridad del sistema inmunológico • Influye sobre el metabolismo de la vitamina a • Influye sobre el crecimiento, reproductivo y lactancia • Necesario para la evaluación sensorial: (gusto, olfato) y regulación del apetito • Expresión genética
	<p>Deficiencia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Paraqueratosis: se forma un engrosamiento de la piel en escamas y grietas • Reducidos niveles de zn sérico, fosfatasa alcalina y albúmina • Reducción del apetito y rendimiento de crecimiento • Atrofia de la glándula del timo: inmunocompetencia

disminuida

- Pobre rendimiento reproductivo de la marrana: crecimiento fetal reducido
 - Desarrollo testicular reducido en verracos jóvenes
 - Alteraciones esqueléticas: reducido tamaño y resistencia del fémur
- Hechos**
- Se reporta que los niveles altos de Zn de zno reducen las diarreas en los lechones destetados
 - Niveles altos de Ca y ácido fítico reducen la absorción de Zn y aumentan su requerimiento
 - El estatus de vitamina A depende de la ingestión de Zn

1.7 VITAMINAS

Las vitaminas son compuestos orgánicos requeridas en cantidades muy pequeñas y son esenciales para el funcionamiento normal del metabolismo animal para su crecimiento, salud y bienestar.

14 vitaminas diferentes han sido identificadas unas, cumplen varias funciones como coenzimas en muchas reacciones biológicas dentro del cuerpo, mientras otros cumplen funciones especiales como componentes de tejidos, o precursores de procesos bioquímicos y como antioxidantes.

Las vitaminas pueden ser clasificadas en liposolubles (vitamina A, D, E y K) e hidrosolubles (todas las otras) (Tabla 2.6.1.) El cerdo puede sintetizar algunas vitaminas por medio de las actividades de los microorganismos en el intestino grueso, sin embargo, esta producción no puede considerarse confiable.

Tabla 2.6.1. Clasificación de las vitaminas

Liposolubles	Hidrosolubles
A Retinol	B1 Tiamina
D Calciferol	B2 Riboflavina
E Tocopherol	B6 Piridoxina
K Menadiona	B12 Cianocobalamina
	C Acido ascórbico
	H Biotina
	Niacina

Acido pantoténico

Ácido fólico

Colina

Aunque todos los ingredientes de la ración contienen rango de vitaminas, cuyo contenido es variable y por esto es común adicionar todos los requerimientos vitamínicos de los cerdos en forma de suplemento en la dieta.

A continuación, te presentamos una revisión de las funciones de cada vitamina, así como los principales hechos que pueden aumentar sus requerimientos.

Los requerimientos específicos de vitaminas para los cerdos reproductores, destetados, y en crecimiento/acabado son presentados en los capítulos correspondientes.

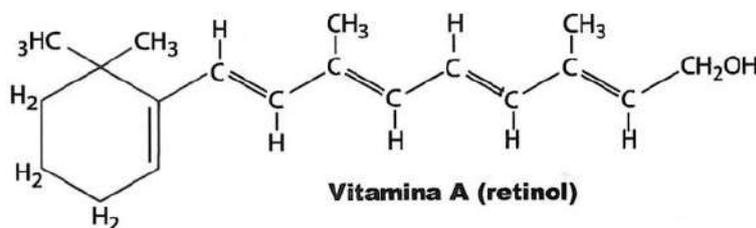
Vitaminas: revisión general

Vitamina A	Función	
(Retinol)		<ul style="list-style-type: none">• mantenimiento de las células epiteliales• integridad de la mucosa de la membrana• ayuda al mantenimiento normal de la resistencia a las enfermedades• involucrada en la secreción de proteínas uterinas específicas (USPs) que aumentan la supervivencia embrionaria• esencial para la visión, crecimiento y reproducción• necesaria para el funcionamiento normal de los tractos respiratorio, gastrointestinales y urogenital (NB: niveles más elevados no ayudan a prevenir las infecciones y está demostrado que su suministro después de una infección no acorta o disminuye la infección)• también puede estar involucrada en la expresión genética• también tiene una función en el desarrollo normal de los huesos
	Deficiencia	<ul style="list-style-type: none">• ganancia de peso reducido• reproducción afectada en la cerda, con lechones mortinatos o débiles signos

nerviosos, como pobre coordinación y parálisis posterior en cerdos en crecimiento

Hechos

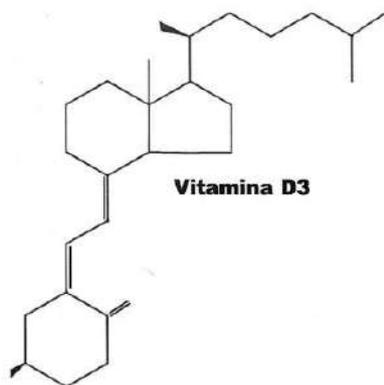
- ceguera
- puede perder potencia cuando es almacenada en altas temperaturas y humedad o cuando es suplida en dietas conteniendo niveles altos de grasas enranciadas
- se requiere un adecuado consumo de Zn para la utilización de la vitamina A
- la vitamina A es importante para el metabolismo de Ca en la formación de huesos y dientes sanos



Vitamina D (Calciferol

Función

- esencial para la absorción, movilización, retención y utilización de Ca, Mg y P
- necesaria para el crecimiento y desarrollo de huesos, dientes y cartílagos



Deficiencia

- tasa de crecimiento disminuida
- raquitismo, osteoporosis y osteomalacia
- rigidez, lesiones podales incluyendo parálisis del ten posterior

Hechos

Vitamina E

Función

- antioxidante biológico: función estructura es la membrana celular
- protege las membranas celulares y otros tejidos oxidables en el cuerpo del ataque de los radicales libre
- síntesis de prostaglandinas
- esencial en el mantenimiento del sistema

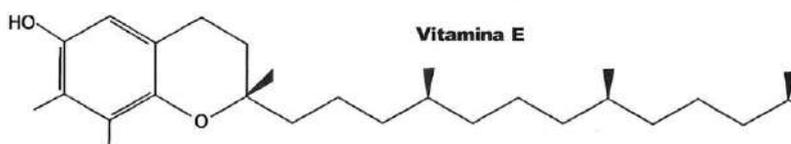
inmunológico del cuerpo

Deficiencia

- estatus inmunológico deprimido
- degeneración del músculo esquelético y cardíaco
- muerte súbita
- úlceras gástricas
- disminución del rendimiento reproductivo

Hechos

- la estabilidad de la vitamina está afectada por temperaturas altas y humedad, así como por grasas rancias y algunos minerales traza
- los requerimientos están afectados por los niveles dietéticos de Se, ácidos grasos insaturados, aminoácidos azufrados, aminoácidos sintéticos, Fe, vitamina A y antioxidantes sintéticos.
- el Se aumenta el componente antioxidante de la vitamina E
- es importante como un vaso dilatado y anticoagulante



Vitamina K (Menadiona)

Función

- esencial para la coagulación normal de la sangre
- puede ser involucrada en el metabolismo del Ca

Deficiencia

- tiempo de coagulación aumentada
- hemorragia interna, anemia y muerte
- lechones: la anemia inducida por deficiencia de vitamina K a menudo está asociada con excesiva pérdida de sangre por el cordón umbilical

Hechos

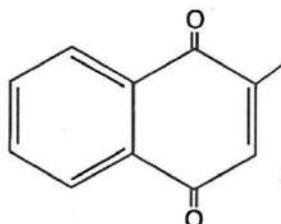
- las drogas azufradas y los antibióticos pueden aumentar la necesidad de suplementación
- la síntesis bacteriana y la coprofagia pueden

reducir o eliminar la necesidad de suplementación de vitamina K

- el exceso de Ca puede aumentar las necesidades de vitamina K
- el exceso de vitamina E puede interferir con la función de la vitamina K en la coagulación de la sangre

Vitamina B1
(Tiamina)

Función



Menadiona (Vitamina K₃)

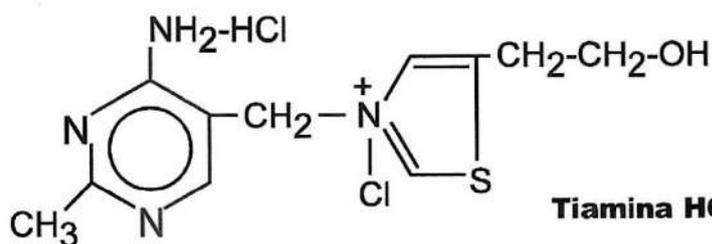
Deficiencia

- puede tener una función como conductor en el impulso nervioso
- disminuye el consumo de alimentos y tasas de crecimiento
- temperatura corporal y frecuencia cardíaca reducidas y vómito
- corazón flácido, degeneración del miocardio y muerte súbita

Hechos

- la tiamina es una de las vitaminas menos probables de presentar deficiencia
- la mayoría de los cereales son altos en contenido de tiamina
- los minerales en forma de sulfatos pueden resultar agresivos sobre la estabilidad de la tiamina
- el tratamiento con dióxido de azufre destruye la actividad de la tiamina
- las condiciones de temperaturas altas y humedad disminuyen su potencial

Vitamina B2



Tiamina HCl

sas,

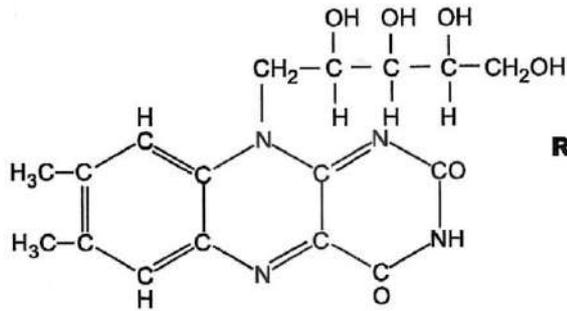
(Riboflavina)

Deficiencia

- anorexia crecimiento lento
- anestro y fallas reproductivas
- cataratas
- rigidez de caminar y vómitos

Hechos

- altos niveles de grasas y proteínas dietéticas pueden aumentar el requerimiento



Riboflavina

Vitamina B6

Función

- esencial para el metabolismo de aminoácidos
- coenzima en muchas reacciones metabólicas
- involucrada en la función de síntesis nervioso central

(Piridoxina)

Deficiencia

- apetito y tasa de crecimiento disminuido
- visión afectada
- ataques nerviosos o convulsiones, coma y muerte

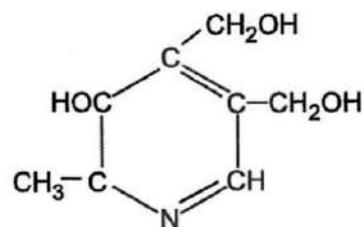
Hechos

- las dietas de granos-soya normalmente son adecuadas en vitamina B6
- las dietas altas en proteínas pueden aumentar el requerimiento
- el aporte marginal de metionina puede aumentar el requerimiento

Vitamina B12

Función

(Cianocobalamina)



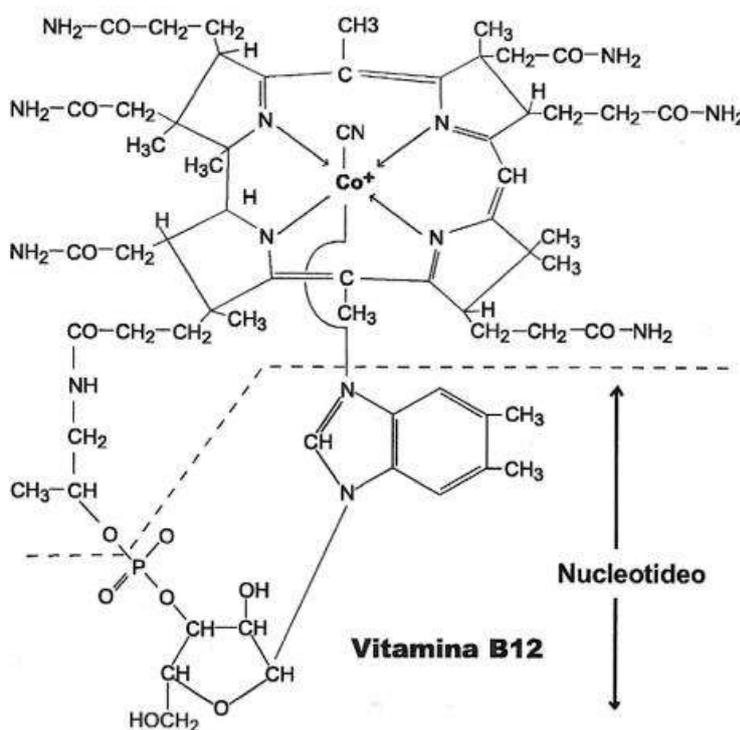
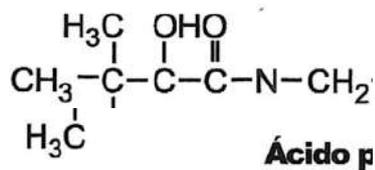
Piridoxina

tos,
el

- necesaria para el metabolismo del folato

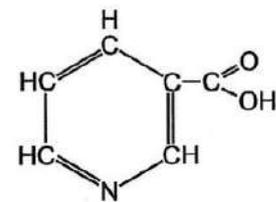
- Deficiencia**
- pérdida del apetito y ganancia de peso reducido
 - piel y pelambre ásperas
 - anemia perniciosa
 - excitabilidad aumentada y locomoción inestable
- Hechos**
- proteína excesiva puede influir sobre el requerimiento
 - niveles bajos de cobalto dietético aumentarán el requerimiento
 - la potencia disminuirá bajo condiciones de temperaturas altas y humedad
 - la síntesis microbiana de B12 y la coprofagia pueden satisfacer el requerimiento

Acido pantoténico



- los antibióticos y biotina tienen un efecto economizador sobre el requerimiento
- dietas altas en grasas tienden a aumentar el requerimiento

Niacina



Ácido Nicotínico

Función

- componente de coenzima NAD y NADP
- esencial para el metabolismo de carbohidratos, proteínas y grasas

Deficiencia

- perdido el apetito y tasas de crecimiento reducido
- piel seca, pelaje áspero y caído del pelo
- ulceraciones y lesiones inflamatorias del tracto gastrointestinal

Hecho

- las dietas de alta energía aumentarán el requerimiento
- las diferencias genéticas pueden influir sobre el requerimiento
- los cerdos pueden convertir el exceso de triptófano en niacina
- 50 mg de triptófano por encima del requerimiento = 1 mg niacina

Biotina

Función

- cofactor en varios sistemas enzimáticos
- esencial para el metabolismo de carbohidratos, proteínas y grasas
- aumenta la dureza y la integridad de la pezuña

Deficiencia

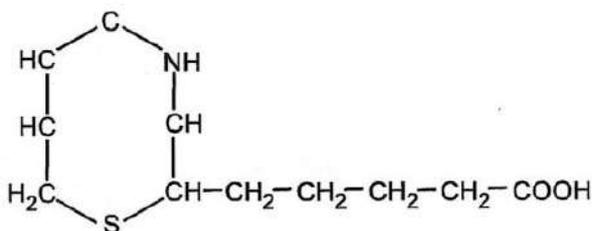
- crecimiento lento y conversión alimenticia pobre
- inflamación de la mucosa de la membrana de la boca
- pérdida de pelo y dermatitis
- agrietamiento de las pezuñas y lesiones podales
- comportamiento reproductivo sub óptimo

Hechos

- los niveles altos de cobre dietético pueden aumentar los requerimientos

el nivel variable de biotina en los ingredientes alimenticios influye sobre el requerimiento, así como los factores genéticos

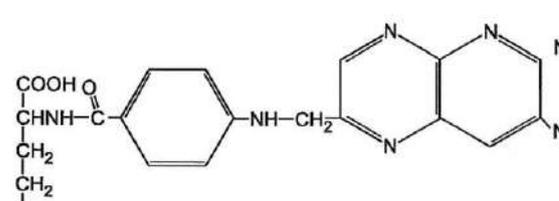
una parte se presume que proviene de la



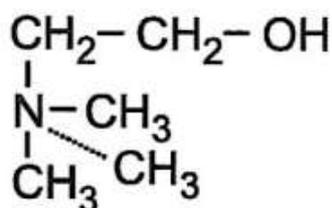
Biotina

síntesis bacteriana en el intestino

- la avidina en la clara del huevo cruda liga la biotina

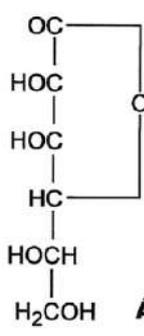
<p>Ácido fólico</p>	<p>Función</p> <ul style="list-style-type: none"> • esencial para la formación y función celular • involucrado en la transferencia de moléculas de C y como coenzima • convierte la serina en glicina y homocistina en metionina <p>Deficiencia</p> <ul style="list-style-type: none"> • disminución del consumo de alimentos y ganancia de peso • anemia • languidez y diarrea • pérdida del color del pelaje • anestro, fallas reproductivas y pobre rendimiento de la manzana <p>Hechos</p> <ul style="list-style-type: none"> • las drogas sulfuradas y antibióticos aumentan los requerimientos • el ácido fólico es fácilmente destruido por condiciones de temperatura altas y húmedas <div style="text-align: center;">  <p>Ácido fólico</p> </div>
----------------------------	---

Cloruro de colina



Colina

<p>Función</p> <ul style="list-style-type: none"> • requerida para la biosíntesis de la metionina • metabolismo de las grasas • esencial para el mantenimiento de la estructura celular: fosfolípidos • esencial para el funcionamiento de síntesis nerviosa <p>Deficiencia</p> <ul style="list-style-type: none"> • lechones en crecimiento: malestar genera, pobre coordinación y crecimiento reducido • las marranas paren menos lechones vivos por camada

	Hechos	<ul style="list-style-type: none"> • lechones con miembros abiertos • los niveles dietéticos metionina, grasas, carbohidratos y proteínas influyen sobre los requerimientos, como lo hace la tasa de crecimiento de los animales
<p>Vitamina C (Ácido ascórbico)</p>  <p>Ácido ascórbico</p>	<p>Función</p> <p>Deficiencia</p> <p>Hechos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • antioxidante • esencial para el crecimiento de cartílagos y huesos (colágeno) • aumenta la absorción de algunos iones metálicos, ej.: hierro • previene la osteocondrosis • Previene el escorbuto • no es esencial en la dieta de los cerdos • los cerdos pueden sintetizar vitamina C a partir de la D-glucosa y otros ingredientes • mayor respuesta a la suplementación con vitamina C ante bajos niveles de ingestión de energía • la suplementación con vitamina C reducción en el sangrado de ombligo en lechones • los requerimientos pueden aumentar bajo estrés; estrés calórico

1.8 AGUA

El agua es sencilla para la vida y representa semanalmente el 65-70% de la masa corporal de un animal. Es requerida para una variedad de procesos dentro del cuerpo:

- Termorregulación
- Balance mineral y ácido/base
- Remoción de productos finales de la digestión y productos de desechos
- Transporte de nutrientes y hormonas
- Detoxificación del organismo
- Excreción de drogas y residuos de drogas
- Control de la saciedad (llenado intestinal) y comportamiento

El agua es el organismo es obtenida de varias fuentes:

- del agua de bebida
- del agua ingerida con los alimentos
- y del agua formada durante la oxidación de los nutrientes (agua metabólica)

Es eliminar del cuerpo

- durante la excreción de orina y heces
- en la evacuación desde los pulmones
- y en las secreciones, como en la leche durante la lactancia

Si mi ingestión de agua es menor que la pérdida de agua del cuerpo ocurre la deshidratación, con un aumento de la concentración de orina y el resultado de infecciones de riñones y tracto urinario.

El agua a menudo es denominada el ingrediente olvidado' y ha recibido menos atención que virtualmente ningún otro nutriente. La falla es de suministro de suficiente agua de buena calidad, limpia y fresca tiene una gran influencia sobre el rendimiento y la salud de los cerdos.

No se trata solamente de un adecuado suministro de agua, pero también de la calidad del agua. El agua de bebida debería ser fresca, limpia y no contaminada con elementos tóxicos u organismos patógenos. Esto es especialmente importante para el hecho pos destete una manzana lactando. La calidad del agua está caracterizada por su contenido de nitratos, sulfatos y total de sales disueltas (TDS) y los niveles superiores han sido sugeridos, considerándose que por encima de ellos se deteriora el rendimiento animal. Permiso modo, los niveles de sal, calcio, magnesio, hierro, manganeso y sulfatos todos influyen la calidad del agua y los límites recomendados de su contenido en el agua está reportados en la Tabla 2.7.1.

Tabla 2.7.1. Lineamiento para la calidad del agua para cerdos (ppm)

Sales disueltas totales (TDS)	< 5000
Calcio	1000
Nitratos	100
Nitritos	10
Sulfatos	1000
Magnesio	400
Hierro	0.5
Manganeso	0.1
Sodio	150
Cloro	400

Durezo (carbonato de calcio)	< 60 Suave	> 200 Dura
Aerobic bacteria	(37°C por 24 horas)	20/ml
Coliforms	Zero	

Elaborado por: 11 El Autor (2023) en referencia a los datos propuestos por FAO (2000)

1.9 ADITIVOS DE LA RACIÓN (PRONUTRIENTES)

Una variedad de productos puede ser agregados a la dieta del cerdo por las siguientes razones:

- Probablemente de la digestión de nutrientes y su utilización
- para modificar la población microbiana dentro del intestino
- para mantener normales el pH y el balance electrolítico
- para reducir las propiedades antinutritivas de los ingredientes dietéticos
- para aumentar el estatus inmunológico, lo que es inmunomodulación
- para mantener la integridad y estructura del tracto gastrointestinal
- para ligar y eliminar micotoxina

Estos aspectos a menudo resultan en una tasa de crecimiento y fertilidad mejoradas, eficiencia de la utilización del alimento y mejor estado de salud del animal.

1.9.1 Promotores del crecimiento antimicrobianos

Cual quizás los aditivos de la ración mejor conocidos son los antibióticos antimicrobianos promotores del crecimiento (APC). Los efectos primarios asociados con la inclusión de los APC son la prevención de los trastornos digestivos, utilización mejorada de alimentos/nutrientes y rendimiento animal mejorado. Los efectos secundarios incluyen la reducción del desperdicio de nutrientes, disminución del impacto ambiental y reducción de los costos de producción.

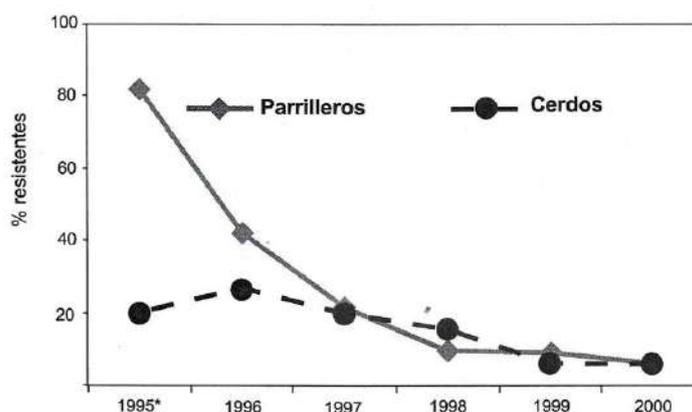
Los mayores beneficios asociados con el uso de los antibióticos en el alimento parecen provenir del aumento en las bacterias benéficas dentro del tracto gastrointestinal y la disminución de bacterias patógenas. Esto conduce a una mejor utilización de nutrientes y por consiguiente a menos sustrato disponible para la proliferación de bacterias patógenas, así como un estatus de salud mejorada y la integridad del epitelio gastrointestinal.

Es una revisión de literatura hecha por Rosen (1996), involucrando 12,153 estudios, ha indicado que los APC dan respuestas positivas el 72% de las veces. La magnitud de la respuesta depende de la calidad del alimento, el manejo, las condiciones ambientales y el estado de salud. En general, existe un 3 - 5% de mejoría en la utilización de los nutrientes, el 3-

8% de mejoría en la tasa de crecimiento, con un 2-5% de mejoría en la eficiencia alimenticia en cerdos en etapa de crecimiento acabado con mayores respuestas en lechones.

A pesar de esas respuestas positivas, ha surgido una creciente preocupación sobre el uso de los APC en el alimento a causa del aumento de la resistencia de los patógenos en medicina tanto en animales como humanos.

Figura 2.8.1 Tendencias en la resistencia a la vancomicina entre *E. faecium*



Elaborado por: 12 Extraído por el autor del trabajo de (Hammerum et al., 2007)

Esto ha conducido a su prohibición en varios países. La observación de las tendencias en la resistencia microbiana a continuación del retiro de varios antibióticos ha demostrado una considerable disminución en la resistencia de las bacterias (Figura 2.8.1.), Bajo ciertas condiciones

La preocupación sobre los APC en el alimento hizo prohibición en varios países ha propuesto el desarrollo de productos alternativos que mejoran la digestión, o reducen el impacto negativo de ciertas bacterias y antígenos en el intestino incluyendo acidificados, prebióticos y probióticos

1.9.2 Productos acidificadores

Tanto los ácidos orgánicos, así como los inorgánicos han sido incluidos en las dietas y en el agua de bebida para hacerlos durante varios años. La división de ácidos generalmente disminuye el pH y tiene capacidad buffer en la dieta, reduce el pH dentro del estómago, aumentando la proteólisis gástrica y la digestibilidad de los nutrientes, promueve lagos bacterias benéficas a expensas de los organismos patógenos y disminuye el crecimiento bacteriano intestinal.

Como consecuencia hay un mejoramiento de la salud gastrointestinal, dando lugar a un mayor rendimiento de crecimiento y eficiencia alimenticia mejorada. Los efectos promotores de crecimiento de los ácidos son más marcados en las primeras semanas después del destete,

cuando el tracto gastrointestinal de lechón no está completamente desarrollado y es mayormente vulnerable a las infecciones. Pueden ser utilizados varios ácidos individuales, o una mezcla de ácidos.

El producto Acid Pak 4-Way es una combinación exclusiva de ácidos, electrolitos, encimas y bacterias prebióticas. Esta específicamente diseñadas para el lechón y ayuda en el control del crecimiento de las bacterias patógenas, como él E. coli y la Salmonella. Ayuda a mantener bajo el PH dentro del intestino y estimula las enzimas te olímpicas que aumentan la digestión de nutrientes y por consiguiente la conversión alimenticia y el crecimiento. El estado de salud de lechón también es mejorado, con menor incidencia de diarrea.

1.9.3 Probióticos y prebióticos

los probióticos han sido ampliamente promocionados como alternativas el uso de los antibióticos en las dietas de cerdos. A diferencia de los antibióticos, los probióticos introducen bacterias benéficas vivas en el tracto intestinal. Muchas cepas de bacterias han sido utilizadas comercialmente para producir cultivos microbianos introducidos directamente en el alimento, siendo los más comunes las cepas de lactobacillus spp., Bacillus subtilis, Bifidobacteria y Streptococci spp. Ya duras también pueden ser utilizadas para manipular las condiciones dentro del intestino y Saccharomyces cerevisae y Aspergillus spp. Ya han sido incluidas en las dietas de animales monogástrico.

Varios doctores han comprobado la eficacia de los probióticos como promotores del crecimiento para cerdos. La mayoría han concluido que cuando los resultados han sido promediados sobre varios experimentos, existe un mejoramiento en la tasa de crecimiento y en la eficiencia de la utilización del alimento, pero estos resultados son altamente variables.

Pollmann (citado por Chesson, 1994) Sugirió un 2.5% (rango -8,5 a +10,5) De mejoramiento en la tasa de crecimiento y un 6.8 % (rango -1,4 a +21,4) De mejoramiento en eficiencia alimenticia. La variabilidad de los resultados puede ser asociada con las diferencias de las cepas, el nivel de la dosis, las condiciones de almacenamiento, composición de la dieta, estrategias alimenticias, e interacciones con otras drogas (Chesson, 1994). Los efectos de los probióticos parecen ser más consistentes y positivos en lechones que el animal en crecimiento/acabado.

Un nuevo concepto en la modulación de las poblaciones microbianas del intestino es por medio del uso de oligosacáridos, cómo la fructosa y oligosacáridos mananos. Nuevamente, estos ayudan a mejorar la capacidad de digestión y aumentan el estatus de salud del animal. Esas sustancias son generalmente llamados prebióticos. Tan definidas como sustancias alimenticias

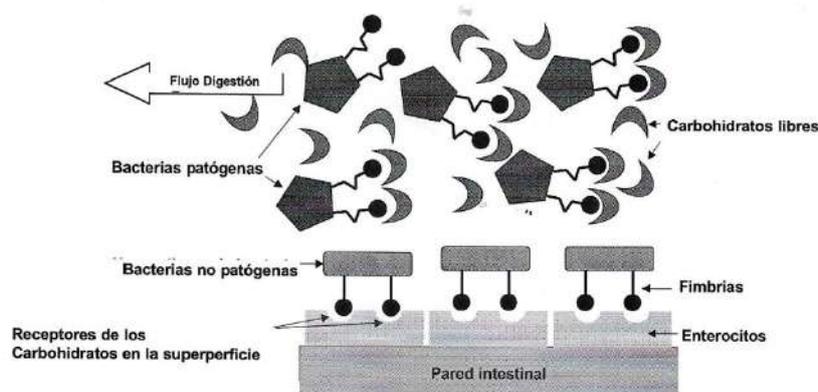
no digeribles para dietas de humanos animales que afectan benéficamente al hospedador estimulando selectivamente el crecimiento y/o la actividad de una o un limitado número de especies bacterianas residentes en el tracto digestivo y por consiguiente intentando mejorar la salud del hospedador.

Los prebióticos también pueden ser fuentes de nutrientes específicos para los microorganismos benéficos como lo es oligosacáridos fructuosa (FOS) para las cepas de *Bifidobacterium* spp.

Por otra parte, los oligosacáridos mananos (MOS) Son carbohidratos funcionales que ayudan a promover una población microbiana benéfica intestinal estable previamente la colonización de ciertos patógenos. Muchos de los patógenos entéricos, incluyendo *E. coli* y varias cepas de *salmonella* spp se adhieren a las células intestinales por medio de las fimbrias Tipo I, que reconocen del azúcar manosa (Figura 2.8.2.).

Agregando a través de la relación oligosacáridos que contienen conosces de bloquear efectivamente esos sitios de ligadura, previniendo por consiguiente que esas bacterias se adhieran a los enterocitos de la mucosa intestinal y proliferen causando enfermedades. Estas son luego excretadas inofensivamente fuera del animal. En los sitios de adhesión sobre las células epiteliales del intestino luego están libres para la colonización de bacterias benéficas que aumentan la eficiencia digestiva y mantiene la integridad intestinal.

Figura 2.8.2 Bloqueo de la adhesión de las lectinas de manosa de los enterocitos por MOS



El oligosacárido manano Bio-Mos es obtenido de la parte exterior de la pared celular de cepas específicas de *Saccharomyces cerevisiae* y puede ser definido como un prebiótico.

Las características de este oligosacárido basado en mananos incluyen:

- capacidad de prevenir la adhesión de las bacterias patógenas al epitelio del tracto intestinal
- capacidad de modular la función inmunológica
- influye positivamente sobre la microflora dentro del intestino grueso

El resultado neto es la reducción de las bacterias patógenas dentro del intestino, el mejoramiento del Estado inmunológico y el aumento de la productividad a través de un mejor estado de salud y eficiencia de la utilización del alimento.

1.9.4 Enzimas

Las enzimas son agregadas a la dieta por las siguientes razones:

- para mejorar la digestibilidad y absorción de nutrientes
- para reducir los factores anti nutricionales específicos en la dieta
- para ayudar la digestión de materiales fibrosos o polisacáridos no almidonados (NSPs)
- para suplementar enzimas endógenas que mejoran la digestión
- para mantener la viscosidad de la digesta y la integridad intestinal
- para reducir el desperdicio de nutrientes y los efluentes

Las enzimas de mayor interés en nutrición de cerdos incluyen carbohidrasas, lipasas, proteasas y fitasas.

Carbohidrasas

Esas enzimas aumentan la digestión de carbohidratos, incluyendo almidones resistentes a la hidrólisis, NSP y fibra dietética. Tales enzimas incluyen: xilanasas, b-glucanasa, arabinasa, pectinasa, pentosanasa, celulasa, hemicelulasa, amilasa y galactosidasa. Las enzimas pueden ser suplementadas en forma individual o en un cóctel y para asegurar una eficiencia máxima deben ser digeridas a los sustratos específicos dentro de la dieta.

Proteasas

Las enzimas proteasas aumentan la utilización de las fuentes de proteína vegetal, como las de soya y leguminosas. También pueden ayudar a la degradación de algunos factores anti-nutricionales del tipo de los inhibidores de la tripsina y lectinas, que resisten la digestión.

Lipasas

La lipasa aumenta la digestibilidad de las grasas en la dieta.

Fitasa

Alrededor del 60 al 80% del total del fosforo (P) encontrado en los ingredientes comunes de los alimentos para cerdos y aves está en forma de fitatos, que son sales del ácido fítico. Los cerdos carecen de las enzimas endógenas para degradar y utilizar el P del fitato y por consiguiente es una práctica común y necesario agregar fosfatos monos o di cálcicos para cubrir los requerimientos del P.

Ciertamente, solo un 16% del P en el maíz y ~38% del P en la harina de soya y digerida por el cerdo. Por consiguiente, una gran cantidad de P no es digerida y es excretada, ocasionando la contaminación ambiental.

La adición de la enzima fitasa microbiana exógena a la dieta aumentada significativamente la digestibilidad y la disponibilidad del P dietético. Como consecuencia, menor cantidad de P hoy debe ser agregado a la dieta, con los obvios beneficios sobre el medio ambiente. La adición de fitasa a la dieta también aumenta la digestibilidad de otros minerales y aminoácidos las series de enzimas Allzyme están siendo cada vez más utilizadas en la nutrición de cerdos, especialmente **Allzyme Vegpro** y **Allzyme SSF**.

Vegpro fue la primera enzima específicamente formulada para atacar las fracciones de NSP de las harinas de oleaginosas, como la harina de soya, aumentando por consiguiente la exposición de los aminoácidos a las enzimas digestivas.

Allzyme SSF es producida por Fermentación en Estado Sólido (SSF) por microorganismos certificados no-GMO. La fermentación en estado sólido es el proceso de cultivar los microorganismos productores de las encima sobre un sustrato de medio sólido en lugar del medio líquido convencional. Debido a que el microorganismo usado para producir Allzyme fitasa. Como resultado, el complejo enzimático no solo aumenta la utilización del fosforo, pero también de las principales versiones de proteínas y carbohidratos en la dieta.

1.9.5 Minerales

El papel del sindicato de cobre con factor estimulante del crecimiento está bien establecido y en muchos países es costumbre agregar 175 ppm de Cu a la dieta de los cerdos de hasta 12 semanas de edad y de 100 ppm en adelante. Similarmente, la inclusión de óxido de zinc a niveles farmacológicos en las dietas de lechones supuestamente tiene efectos que mejoran el rendimiento y reducen considerablemente la incidencia y la intensidad de las diarreas/colitis en el lecho pos-destete.

Sin embargo, existe la preocupación relacionada con los niveles altos de expresión de esos elementos hacia el medio ambiente y, en este respecto, existe un creciente interés en el potencial papel de los minerales orgánicos que son más activos biológicamente y más biodisponibles.

Debido a que más minerales es utilizado por el animal, hay una significativa disminución en los niveles excretados y por consiguiente menor riesgo de potencial contaminación ambiental.

Los elementos orgánicos pueden utilizar las vías de absorción de los péptidos o aminoácidos, en lugar de las vías de absorción normal de las te los iones minerales en el intestino delgado.

Son más estables, no reaccionan adversamente con otros nutrientes dietéticos y no compiten con otros minerales por los mismos sitios y mecanismos de absorción. Esto ofrece ventajas metabólicas al animal, con sus consecuentes efectos sobre el rendimiento. El papel de los minerales orgánicos en la producción de cerdos ha sido recientemente revisado por Close (1998) (ver Sección 2.5).

1.9.6 Modificadores metabólicos

Los modificadores metabólicos son utilizados para aumentar la utilización de nutrientes, desde el aumento de los depósitos de tejidos magro y la disminución de los depósitos de grasa. Entre los usados comúnmente se encuentran:

- Somatotropina porcina u hormona del crecimiento
- β -agonistas, como la ractopamina
- Ácido linoleico conjugado (CLA)
- Betaina
- Cromo trivalente

no todos esos productos están aprobados para su uso en todos los países.

1.9.7 Hierbas, Especies, Botánicos y Aceites Esenciales

Las hierbas y especias han sido ampliamente utilizadas como terapias alternativas en la medicina humana y animal. Ciertas hierbas contienen una específica composición de elementos orgánicos conocidos por tener efectos terapéuticos específicos. Ha sido encontrado que las hierbas aumentan la actividad antimicrobiana, tienen propiedades antivirales y antioxidantes y ha sido aceptado que estimulan el sistema endocrino e inmunológico. Conmueve un mayor estatus metabólico e inmunológico dentro del animal, así como aumentan el bienestar. Su inclusión en la dieta también ha demostrado estimular el apetito mejorando la palatabilidad.

Entre las hierbas más comunes utilizadas en la nutrición de porcino se encuentran las de la familia Labiatae, representadas por la salvia, romero, orégano, tomillo, etc., así como otras que han demostrado tener propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y antioxidantes. Más recientemente, ha sido interés en el uso de hierbas chinas y esas forman parte del rango de Porcine-Herba.

Los aceites esenciales, son los extractos aromáticos volátiles obtenidos por destilación sobre vapor, también son utilizados y son comúnmente suministrados en dietas de lechones, principalmente para estimular su apetito.

Una lista de las hierbas y especias más comúnmente utilizadas y sus componentes activos es presentada en la Tabla 2.8.1

Tabla 2.8.1. Hierbas y especias usadas en nutrición animal y sus componentes activos.

Hierbas	Compuestos activos	Especias	Compuesto Activo
Albahaca	Linalool	Allspice	Eugenol
Eneldo	Carvone, Limonene	Anis	Anetole
Ajo	Allicina	Alcaravea	Carvone, Limonene
Orégano	Carvacrol, p-Cymene, Timol	Cardamomo	Cineole
Perejil		Semilla Apio	Limonene
Romero	Linalool, Cineole	Canela	Cinamaldehido, Eufgenol
Salvia	Linalool, Cineole	Clavo	Eugenol
Tomillo	Timol, p-Cimene, Carvacrol	Culantro	
		Comino	p-Cimene
		Ginger	
		Mostaza	Allil isothiocianuro
		Pimienta	

Elaborado por: 13 El Autor (2023)

1.9.8 Péptidos metabólicos

Los repetidos que regulan la absorción intestinal, como el factor de crecimiento epidérmico (EGF) y el polipéptido pancreático YY ha sido reportado que aumenta la absorción de glucosa y aminoácidos. Estos aparentan funcionar por medio del aumento del número de 'transportadores de nutrientes' presentes en la en la mucosa de las células de la membrana. Sí pueden ser producidos económicamente, y se pueden encontrar formas prácticas para transferirlos del alimento a las células intestinales sin sufrir daños, pueden representar una nueva clase de promotores de crecimiento seguros y eficientes.

2.8.9 Absorbentes de micotoxinas

las micotoxinas, generalmente producidas por hongos, pueden contaminar casi cualquier tipo de ingrediente alimenticio y pueden causar el deterioro del rendimiento animal. Los cerdos son extremadamente sensibles a las micro toxinas y su presencia en el alimento puede causar una

reducción en el rendimiento total tanto en el animal en crecimiento como en los reproductores, afectando la inmunidad y el estado de salud y pudiendo en última instancia causar la muerte.

Las principales mico toxinas que influyen sobre el rendimiento por sí no son las aflatoxinas, zearalenona, tricotecenos (T-2, DAS, DON), ocratoxina, citrinina, fumonisina y ergotoxina (Figura 2.8.3). Por consiguiente, deben tomarse medidas para eliminar las micotoxinas del alimento.

Varios métodos de extracción están disponibles, incluyendo la extracción física, la detoxificación química, los inhibidores de hongos, los controles biológicos y los agentes absorbentes o secuestrantes. En el enfoque de los absorbentes ha demostrado ser el más promisorio, pero los absorbentes de honorarios de arcillas comúnmente utilizados tienden a presentar un estrecho rango de ligadura de toxinas, son específicos para una micotoxina individual, cuál deben ser adicionados en niveles significativos para hacer efectivos (5-20 Kg/ton). También tienen la desventaja de que pueden ligar otros componentes dietéticos, como vitaminas, minerales, aminoácidos, aditivos y productos medicinales.

Sin embargo, los productores porcinos y los tecnólogos de alimentos están demostrando un aumento en el interés de utilización de los derivados de la pared celular de la levadura como una alternativa de agentes absorbentes. Los polisacáridos en la pared celular de la levadura, llamados glucomananos esterificados, se adhieren muy eficazmente a las moléculas de mico toxinas y debido a que estos no son digeridos por el animal, la micotoxina absorbida es excretada en las heces del cerdo. No solo esos materiales tienen un rango ligante más amplio que las arcillas, pero considerando que tienen una muy amplia área de superficie para ligar también pueden actuar a menores tasas de inclusión a la vez que tienen una mínima interferencia con otros componentes en la dieta.

Un resumen de las principales mico toxinas que afectan los cerdos, el nivel en el cual son tóxicas y su efecto sobre el rendimiento y salud son reportadas en la Tabla 2.8.2. Sin embargo, las mico toxinas raramente se presentan en forma individual y a menudo existen interacciones sinérgicas entre micotoxinas, que impactan marcadamente hoy el rendimiento y reduce el nivel de tolerancia del animal muy por debajo de los valores para toxinas individuales presentado en la Tabla 2.8.2.

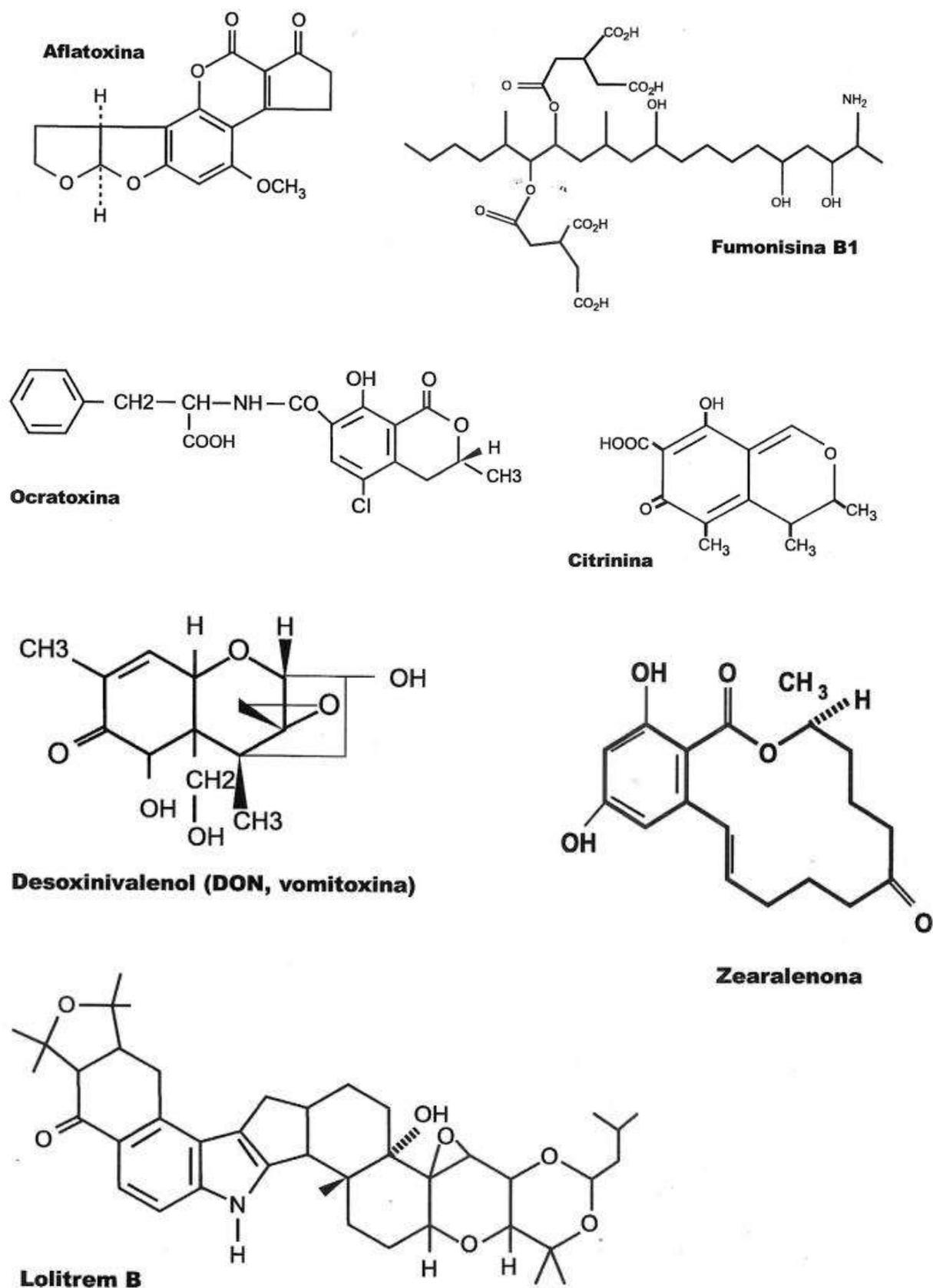


Figura 2.8.3 Estructura de las micotoxinas

Tabla 2.8.2. Efectos de las micotoxinas en las dietas de cerdos

Toxinas	Hongos	Niveles tóxicos	Principales síntomas clínicos	Principales cultivos sensibles
Aflatoxinas	Aspergillus sp.	> 300 ppb	Crecimiento reducido, daño hepático, ictericia, inmunidad	Reducida todos los cereales, alfalfa, mandioca, algodón, maní, sorgo, soya
Zearalenona	Fusarium sp.	> 1 ppm	Infertilidad, anestro, mortalidad embrionaria, prolapso rectal, calidad de semen	Todos los cereales, alfalfa, mandioca, maní, sorgo
Tricotecenos	Fusarium sp.	> 1 ppm	Inapetencia, vómitos, inmunidad reducida	Todos los cereales
Ocratoxina	Aspergillus sp.	> 200 ppb	Crecimiento reducido, daño renal/hepática sed.	Cereales, maní sorgo
% Citrina	Penicillum sp.			
Fumonisina	Fusarium sp.	> 20 ppm	Consumido reducido, crecimiento reducido, problemas respiratorios, edema pulmonar.	Todos los cereales
Ergotoxina	Claviceps sp.	0,1 – 1,0 %	Consumo reducido, crecimiento reducido, agalactia en marranas, mortalidad en lechones	Trigo, avena, sorgo, ryegrass

Elaborado por: 14 El Autor (2023) en referencia a los contenidos de Muirhead y Alexander, 1997

La ventaja de utilizar glucomanos los esterificados derivados de la pared celular de levaduras, como Mycosorb, son:

- Capacidad de observar un amplio rango de micotoxinas
- gran área de superficie para la absorción
- baja tasa de inclusión efectiva en el alimento
- rápida y uniforme y presión en el alimento durante el mezclado
- estabilidad al calor durante el peletizado, extrusión y durante el almacenamiento
- Tiene afinidad por vitaminas, minerales u otros nutrientes
- alta estabilidad sobre un amplio rango de pH
- biodegradable después de la excreción

CAPÍTULO 2

2 MARRANAS

2.1 LA CERDA JOVEN DE REEMPLAZO

Acerca de joven representa el futuro de cualquier empresa porcina al igual que en cualquier buena inversión, debe ser tratada con cuidado y atención. Si no es alimentada y manejada adecuadamente, difícilmente podrá alcanzar su verdadero potencial y corre un alto riesgo de ser eliminada permanentemente.

2.1.1 Adecuada condición corporal.

Si la condición corporal de la manzana no es adecuada al primer servicio, es difícil corregirlos posteriormente y el comportamiento de toda la vida productiva puede sufrir las consecuencias. Por consiguiente, la Cerda joven deberá haber alcanzado ciertos criterios corporales específicos para hoy el primer servicio.

Condiciones adecuadas sugeridas para la primera monta

Edad	220 – 230 días de edad
peso corporal	130 – 140 Kg
grosor de la grasa del dorso (P2)	2do o 3er estro

Para alcanzar esto, la marrana se productora joven deberá ser seleccionada a ~60 kg de peso vivo y reforzada con una dieta para crianza de cerdos y con una estrategia alimentaria definida. La tasa de crecimiento de la marrana pre-servicio debe ser controlada para permitir suficiente tiempo para construir las reservas corporales del tejido magro y grasa. Esas reservas son importantes para ofrecer un buffer durante los rigores de las varias lactancias cuando el consumo de alimentos de la marrana pueda resultar insuficiente para llenar sus requerimientos. La dieta para cerdas de reemplazo por consiguiente no solo debería contener los niveles correctos de energía y aminoácidos, pero también debería estar justificada con minerales y vitaminas específicas que ayudan a estimular la reproducción en sí. También deberá asegurar huesos y extremidades fuertes necesarios para una larga vida reproductiva, considerando que el desarrollo por problemas de patas y pezuñas es común en muchas granjas.

2.1.2 Dietas y estrategias alimenticias

Ha sido sugerido que debería implementar una 4^a fase de régimen alimenticio para la Cerda joven de reemplazo entre su selección y la gestación temprana, cómo está indicado en la Tabla 3.1.1.

Tabla 3.1.1. Alimentación en fases para marranas jóvenes.

	Peso Vivo	Edad	Grosor Grasa Dorsal	Dieta		Estrategia alimenticia
	(kg)	(days)	(P2 mm)			
			7	Kcal ED	Lisina (g)	ad libitum
Fase 1	25 – 60	60 – 100		14	12	
Fase 2	60 – 125	100 – 210	7 – 16	13,5	8	2,5 – 3,5kg/d
	(60kg a 21d pre-montana)					
Fase 3	125 – 140	210 – 230	16 - 18	13,5	8	ad libitum
	(21d – monta)					
Fase 4	Gestación temprana	230 - 260		13,5	8	2,0 kg/d

*Estos son valores sugeridos. El peso corporal y el grosor de la grasa dorsal pueden variar ligeramente dependiendo del genotipo y las condiciones ambientales

Elaborado por: 15 El Autor (2023)

La estrategia presente en la Tabla 3.1.1 ha sido desarrollada teniendo en mente los siguientes objetivos:

- Fase 1** Una dieta de crecimiento suministrado a voluntad para asegurar un crecimiento adecuado y desarrollo del animal previamente a la selección.
- Fase 2** Una dieta de refuerzo especial para marranas jóvenes es ofrecida con especificación de nutrientes y niveles de alimentación (2,5 – 3,5 kg/día) que controla el crecimiento del animal. Eso también asegura una tasa adecuada de posición de tejido magro y grasa y por consiguiente los depósitos y la condición corporales necesaria para sostener el rendimiento reproductivo a largo plazo.
- Fase 3** La sobrealimentación (flushing) a voluntad en el periodo del estro previo a la monta para la marrana es requerida para maximizar la tasa de ovulación y asegurar un celo fuerte. Se sabe que la alimentación a voluntad en este período estimula la insulina, que a su vez aumenta el desarrollo folicular y la secreción de LH y FSH. Esto asegura una tasa alta de ovulación, que es el prerrequisito para una camada de gran tamaño.
- Fase 4** La restricción del consumo en la gestación temprana: cuál es el periodo de la semana 3-4 inmediatamente después de la monta, es necesario restringir el consumo a 2,0 kg/día para asegurar que sobrevivan tantos embriones como sea posible. Ese bajo nivel de alimentación post monta aumenta el tamaño y peso de los cuerpos lúteos (CL) y esto aumenta la concentración de progesterona circulante.
- A su vez, aumenta la secreción uterina de nutrientes y proteínas, como la uteroferrina

(dependiendo del hierro) y la proteína Alicante de retinol (dependiente de la vitamina A), que aumenta la supervivencia de embriones y por consiguiente el potencial para una camada numerosa

La mejor estrategia práctica es asegurar el máximo de la tasa de ovulación y la supervivencia embrionaria en las marranas jóvenes y ofrecer un elevado nivel de alimento para el ciclo estral anterior a la monta, seguido de un bajo nivel de alimentación durante los días 21-28 post monta.

La composición en nutrientes típica de dietas para la marrana durante el refuerzo/gestación y lactación es sugerida en la Tabla 3.1.2.

Tabla 3.1.2. composición de nutrientes típica (g/kg) de dietas para la marrana joven (refuerzo hasta el primer parto).

	Refuerzo/ gestación	Lactación
Energía, Kcal ED/Kg	3226,5	3465,5
Proteína cruda	160	190
Lisina: Total	8	11
Ileal digestible	6,8	9,4
Metionina + Cistina: Total	5	6,2
Ileal digestible	4,2	5,3
Treonina: total	5,5	6,8
Ileal digestible	4,7	5,8
Triptófano: Total	1,7	2,1
Ileal digestible	1,4	1,8
Calcio (Ca)	10	10
Fosforo total (P)	7,5	7,5
P Disponible P	4,8	4,8
Ca: P	1,33	1,33

Elaborado por: 16 El Autor (2023)

Algunas sugerencias prácticas para la alimentación y manejo de la marrana joven de reemplazo son aportadas en la Tabla 3.1.3

Tabla 3.1.3 composición típica de nutrientes (g/Kg) de dietas para marranas jóvenes (desde refuerzo hasta el primer parto).

• Servirlas a:	• 220 – 230 días de edad
	• 130 – 140 KG de peso vivo
	• 16 – 20 mm P2

	<ul style="list-style-type: none"> • 2do o 3er periodo de estro
<ul style="list-style-type: none"> • Manténgalas por lo menos 6- 8 semanas en la granja antes del servicio. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Aliméntalas con 2,5 – 4,0 kg de dieta para crecimiento de marranas que contenga 13,5 MJ ED y 8,0g lisina/Kg 	
<ul style="list-style-type: none"> • No alimente las cerdas jóvenes con alimento para marranas secas antes del servicio. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Ajuste las especificaciones de la dieta dependiendo de la edad al momento de la selección 	
<ul style="list-style-type: none"> • Controle el alimento para influir sobre el crecimiento corporal en tejido magro y grasa. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Alimente por 2 semanas antes del servicio para optimizar la tasa de ovulación. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Reduzca el consumo de alimento después del servicio en las marranas jóvenes. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Ajuste el alimento según las condiciones climáticas y de alojamiento. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Asegure un buen contacto entre los verracos y las marranas viejas para estimular a las cerdas jóvenes. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Efectué el servicio en el momento adecuado del ciclo estral. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Asegure condiciones ambientales limpias, secas, confortables con abundante iluminación. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Mantenga grupos pequeños con suficiente espacio en el corral para el ejercicio. 	
<ul style="list-style-type: none"> • No mezcle los grupos una vez que han sido establecidos en la granja. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Asegure la adecuada ventilación y bajos niveles de concentración de gases olorosos. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Desarrolle programas de vacunaciones / cuidados de la salud. 	

Elaborado por: 17 El Autor (2023) en base a sus conocimientos

2.2 LA MARRANA GESTANTE

Los objetivos durante la gestación deberían ser por cada marrana de producción 11-12 lechones vivos con pesos al nacer de por lo menos 135 kg y mantener la marrana en buenas condiciones físicas.

2.2.1 Metas

Si deben desarrollarse estrategias nutricionales, es importante establecer metas de valores para el peso vivo y la condición corporal del amarran a para las diferentes etapas de cada parto y en general. El objetivo debería ser de permitir cierto aumento del peso vivo materno durante las primeras apariciones y minimizar la pérdida de peso y condición corporal durante la lactación, de modo que se alcance un peso vivo y espesor de la grasa dorsal constante a la monta a partir del 5to parto en adelante (Tabla 3.2.1).

Tabla 3.2.1. Metas sugeridas para el peso corporal y espesor de la grasa dorsal P2*.

Parto	Peso corporal (Kg)			P2 Espesor de grasa dorsal (mm)		
	Monta	Pos-parto	Destete	Monta	Pos-parto	Destete
1	140	190	175	18	22	20
2	175	215	200	20	23	21

3	200	230	220	21	24	22
4	220	245	235	22	24	22
5	235	255	245	22	24	22

Elaborado por: 18 El Autor (2023)

*Los valores pueden variar ligeramente dependiendo del genotipo y condiciones ambientales

2.2.2 Energía /lisina y requerimientos alimenticios

Los requerimientos para energía y aminoácidos están basados en el peso vivo del animal (sus requerimientos de mantenimiento), La tasa de crecimiento y desarrollo sobre el concepto del tejido mamario (necesidades conceptuales), así como la ganancia materna neta de la marrana, qué es la ganancia actual de peso vivo de la manzana en sí misma (crecimiento materno); este último decrece con las pariciones. (Hurtado-Nery et al., 2012)

Valores estimados del promedio de requerimientos de energía y lisina de las marranas con diferentes pesos vivos, partos y ganancia neta de peso corporal materno son presentados en la Tabla 3.2.2.

Tabla 3.2.2. Requerimientos de energía y lisina durante la gestación.

Peso vivo a la monta (Kg)	Ganancia de*	Energía	Lisina	Alimento**
	Peso Neta (Kg)	(MJ ED/día)	(g/día)	(Kg/día)
120	40	29,5	14,7	2,3
160	30	31,2	13	2,4
200	20	32,3	11	2,5
240	15	34	10,2	2,6
280	10	36	9,4	2,8
320	10	39	9,8	3

Elaborado por: 19 El Autor (2023)

Esos valores son promedios durante la gestación. Sin embargo, los requerimientos de energía aumentan en aproximadamente 1912 Kcal ED/día Entre la monta y el parto. El aporte de alimento por consiguiente debe tomar en cuenta este aumento de las necesidades.

2.2.2.1 Gestación temprana (Monta – Día 28)

Para la marrana joven, el consumo de alimentos de la dieta de Levante debería ser registrado 2.0 Kg/día, como fue sugerido anteriormente. Para la marrana mas madura, es posible alimentarla con mayores niveles sin comprometer la supervivencia embrionaria. Ciertamente, un mayor consumo puede ser necesario cuando las marranas han perdido considerable peso

vivo y condición corporal durante la lactancia previa, como puede ocurrir en condiciones climáticas cálidos.

2.2.2.2 Gestación media (Día 28 -84)

Durante este período, hay un aumento de 478-717 Kcal ED/día el requerimiento de energía, Equivalente a 0,15 – 0,25 Kg/día De aumento de la disponibilidad de alimentos. El requerimiento de nutrientes del tejido fetal y sus anexos es bajo durante este periodo y para facilitar la práctica, el alimento es normalmente ofrecido en un nivel controlado durante este período.

Es importante alimentar para el peso vivo y condición corporal; y las marranas que se encuentran en pobre condición deberían tener un aumento en disponibilidad de alimento, mientras que aquellas que están excesivamente gordas deberían tener la disponibilidad de alimentos reducidos. El objetivo debería ser de alcanzar la condición de clasificación 3,5 al parto, basada en la escala de 1(muy delgada) a 5 (muy gorda), como se muestra en la Figura 3.2.1

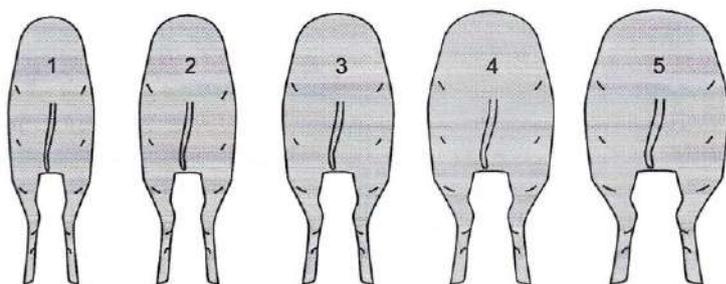


Figura 3.2.1 Puntaje de la Condición Corporal (1-5)

Basado en una clasificación de la condición de 3, el consumo de alimentos debería ser modificado en aproximadamente 7,5% por cada grado de unidad de cambio y condición (Boyd, 1999). Esto es equivalente a unos 150-175 g alimento/día (Figura 3.2.2).

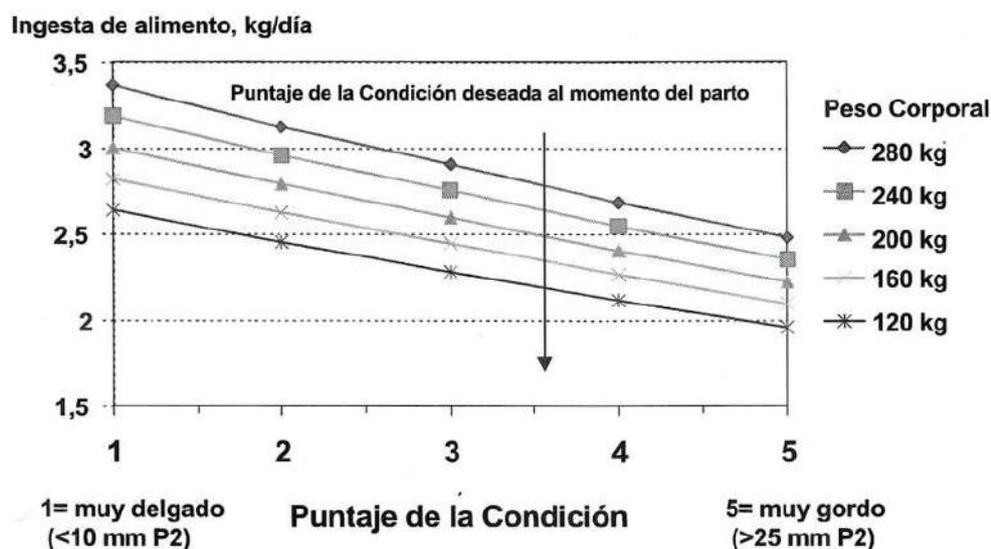


Figura 3.2.2 Puntaje de la Condición y Requerimientos nutricionales

Es importante no sobrealimentar la marrana durante la gestación de modo de que no se vuelva obesa ya que esto puede afectar el apetito durante la lactación. Sin embargo, las marranas que regresan a su condición corporal normal pueden ser alimentados generosamente durante la gestación sin efecto nocivos.

2.2.2.3 Gestación tardío (Día 84 al parto)

Este es el período cuando ocurre el mayor crecimiento y desarrollo fetal y mamario y en consecuencia hay un significativo aumento del requerimiento de nutrientes. La tasa de crecimiento fetal incluye sobre el peso al nacer y las reservas de glicógeno del lechón recién nacido, y esos son vitales para su supervivencia y el período postnatal inmediato.

Por consiguiente, la oferta de alimentos debería ser aumentada y es como un proveer un extra de 0,5 kg/día, o más y la disponibilidad no ha sido aumentada hasta las dos últimas semanas de gestación. Esta estrategia alimenticia asegura que la marrana no movilizará ninguna reserva corporal justo antes del parto. La movilización de las reservas en esta etapa no solo da lugar a una condición más pobre de la marrana, pero también puede afectar el crecimiento fetal y el desarrollo mamario, dando lugar a lechones con peso bajo y variables al nacer y a una menor capacidad de producción de leche de la marrana. Más aún, esto reduce las reservas corporales disponibles para movilización durante la lactación, comprometiendo la producción de leche y el crecimiento de los lechones.

El aumento del consumo de alimento durante la gestación tardía ha demostrado tener un efecto mínimo sobre el apetito de la marrana durante la lactación. Es importante reducir el consumo de alimentos a 2.0 Kg/día en el período de 24-48 hrs. Previas al parto, para prevenir el excesivo

y eliminado de los intestinos obstruyendo el proceso de parto en sí y minimizar cualquier problema con MMA.

2.2.3 Estrategias de Alimentación

Aunque los requerimientos de nutrientes aumentan continuamente durante la gestación no es práctico tratar continuamente de cubrir con exactitud a menos que se cuente con sistemas de alimentación computarizados. En la práctica una estrategia de alimentación con 2-3 fases deberían ser adecuada. Una estrategia de alimentación con 3 fases es recomendada para las jóvenes, cómo se ilustra en la Figura 3.2.3. y una estrategia de alimentación en 2 fases para las marranas más viejas como se muestra en la Figura 3.2.4.

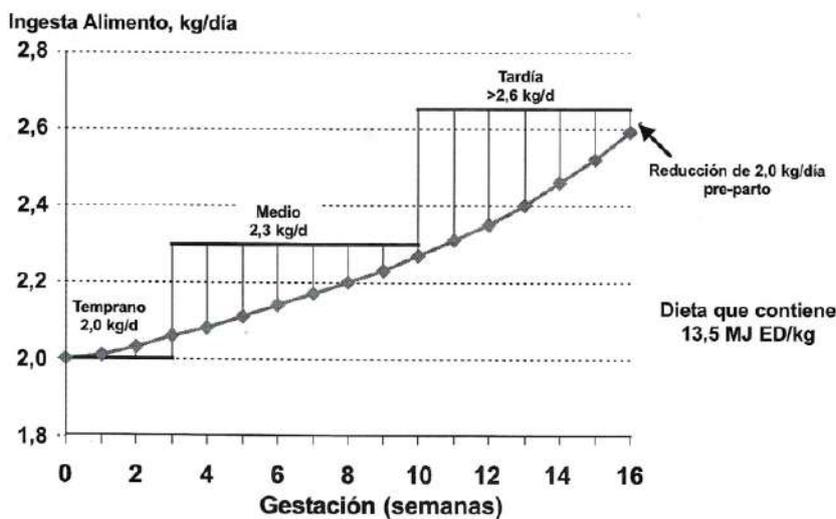


Figura 3.2.3 Estrategia de Alimentación para la cerda primeriza

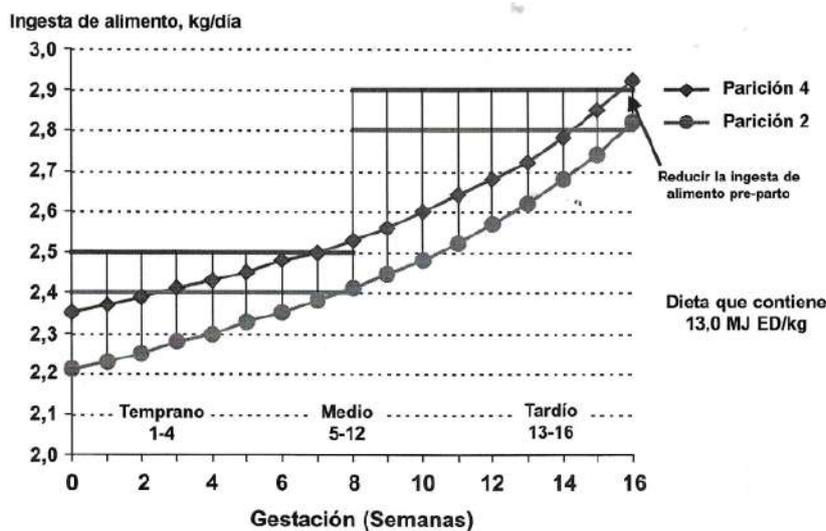


Figura 3.2.4. El incremento de las necesidades nutricionales para la cerda en gestación

2.2.4 Efectos de la Temperatura

El consumo de alimentos debería ser ajustado a las condiciones ambientales y bajan debajo de 20 °C, que presentan la menor temperatura crítica (LCT) De una marrana pequeña individualmente alojada. Para marranas en grupos con cama, la LCT es ~15°C.

Por cada 1 °C de disminución en la temperatura por debajo de LCT, los requerimientos de energía de una marrana de 120 kg aumentan en 167.3Kcal ED/día (~50 g alimento/día), mientras que, para una marrana de 300 kg, el aumento es de 334,6Kcak ED/día. Para marranas en grupo, también debería aportarse mayor cantidad de cama.

Tabla 3.2.3 efecto de la temperatura ambiental sobre los requerimientos alimenticios (Kg/día) durante la gestación.

Peso vivo (Kg)	Temperatura (°C)				
	20	15	10	5	0
	requerimiento de alimento (Kg/día)				
120	2,6	2,6	2,9	3,2	3,6
160	2,4	2,8	3,2	3,5	3,9
200	2,5	2,9	3,4	3,8	4,3
240 240	2,6	3,1	3,6	4,2	4,7
280	2,8	3,3	3,9	4,4	5,0

Debido a que las manzanas son alimentadas en formal registradas durante la gestación, las condiciones climáticas calurosas generalmente no deberían afectar el comportamiento, pero es aconsejable mantener la temperatura debajo de los 25 °C si es posible. Si las condiciones se tornan demasiado cálidos, la tasa de concepción y el rendimiento reproductivo pueden ser afectadas.

2.3 LA MARRANA EN LACTACIÓN

La lactancia es quizás el período más crítico en la vida del cerdo y las estrategias nutricionales implementadas durante este período incluye sobre el crecimiento y desarrollo del lechón hasta el rastro, así como el subsiguiente potencial reproductivo de la Mariana tanto a corto como a largo plazo y, por consiguiente, la productividad en general (Figura 3.3.1).

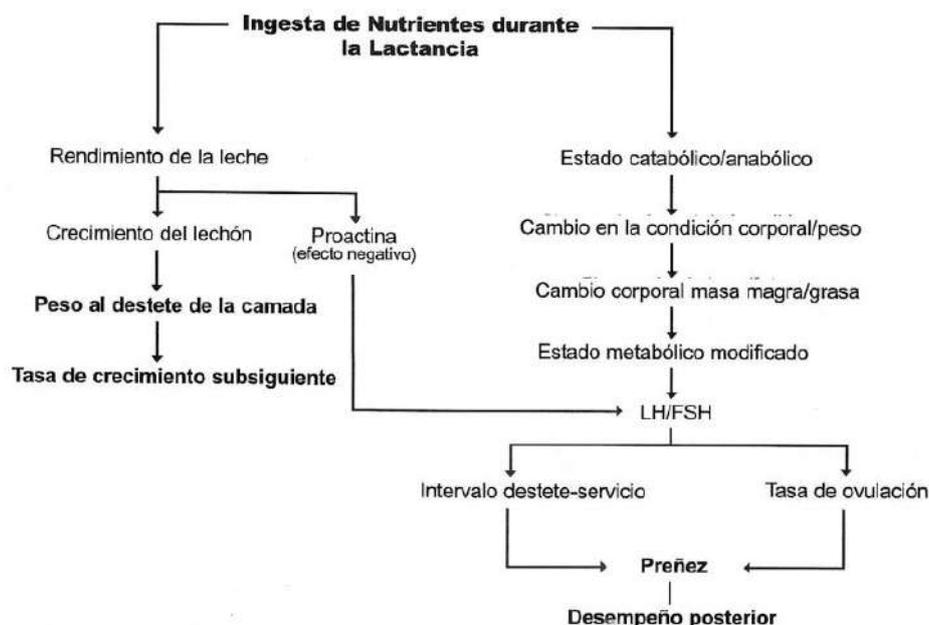


Figura 3.3.1 Efecto del consumo de nutrientes en la lactancia

Durante la lactación el objetivo debería ser destetar por lo menos 10 lechones como mínimo de peso de la camada de 65-75 Kg a los 18-25 días de edad y una pérdida mínima de peso corporal y condición de la camada.

2.3.1 Requerimientos de energía y lisina

El mayor requerimiento de nutrientes durante la lactación es para la producción de leche, que es por supuesto dependiendo del tamaño de la camada y su tasa de crecimiento. Cada 1 kg de aumento en el peso de la camada requiere 4Lts de leche, y desde que el contenido de nutrientes de la leche es conocido, esto puede ser utilizado para establecer las necesidades nutritivas durante la lactación. Por consiguiente, es usual calcular los requerimientos de nutrientes basados sobre el peso vivo de la marrana (requerimientos de mantenimiento) y tasa de crecimiento de la camada. Los requerimientos promedio de energía y lisina durante la lactación de la mañana de diferentes pesos vivos y tamaños de camada están reportados en la Tabla 3.3.1.

Tabla 3.3.1. Requerimiento de energía y lisina durante la lactación.

Peso Vivo después del parto (Kg)	Energía (MJ ED/día)		Lisina (g/día)		Alimentación (Kg/día)	
	10 lechones	12 lechones	10 lechones	12 lechones	10 lechones	12 lechones
150	82,0	94,0	49,0	58,0	5,9	6,7
200	87,0	99,2	50,0	59,0	6,2	7,1
250	91,7	103,9	51,0	60,0	6,5	7,4

300 96,3 108,5 52,0 61,5 6,9 7,7

*Alimento contenido 3346 Kcal ED/Kg, destete a los 21 días.

Es interesante señalar que los valores de la Tabla 3.3.1 son valores medios y no reflejan el incremento de las necesidades de la marrana a medida que la tasa de crecimiento de su camada y por lo tanto la producción de leche aumenta. Ciertamente, la producción de leche de una marrana hiper prolífica puede aumentar 3-4 L/día, justo después del parto hasta 12-15 L/día en el pico de la lactación y esto está reflejado en los aumentos de requerimientos para la lisina (Figura 3.3.2). La estrategia alimenticia para la marrana debe tomar esto en cuenta.

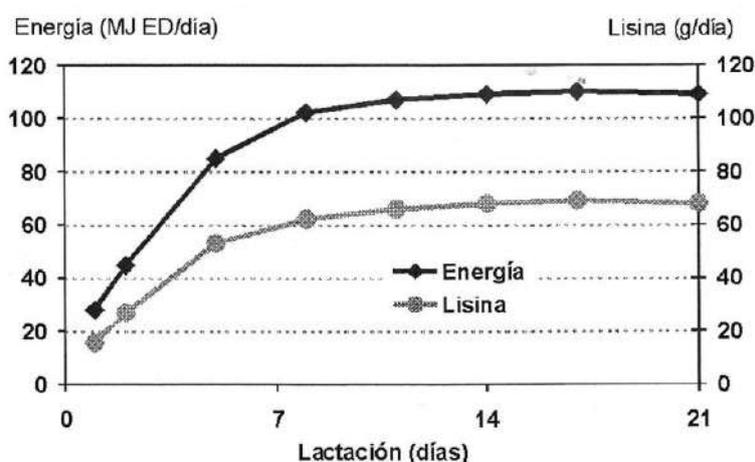


Figura 3.3.2 Requerimientos de energía y lisina durante la lactación

- **200 kg cerda at farrowing: 10 Kg Pérdida de peso durante la lactación**
- **Tamaño de la camada:10 lechones; peso del lechón a los 21 días: 7 KG**

Una estrategia que ha trabajado bien en la práctica es el control del consumo de alimentos durante los primeros días de la lactación y luego comparar el consumo con la producción Láctea de la marrana (Figura 3.3.3). Esto significa aumentar la oferta de alimentos gradualmente (0,5 - 0 no,7 Kg/día) durante la lactación temprana hasta que la marrana está consumiendo ~5 Kg de alimento por día y luego alimentarla a voluntad. Alimentar demasiado en la actuación temprana puede limitar el apetito del animal en la actuación tardía cuando los requerimientos están al máximo. Tal estrategia también ayuda a mantener la integridad y competencia del intestino y reduce la incidencia de MMA (Tabla 3.3.2).

Si los animales son destetados a los 16 días o menos, entonces la marrana puede ser alimentada a voluntad casi después del parto.

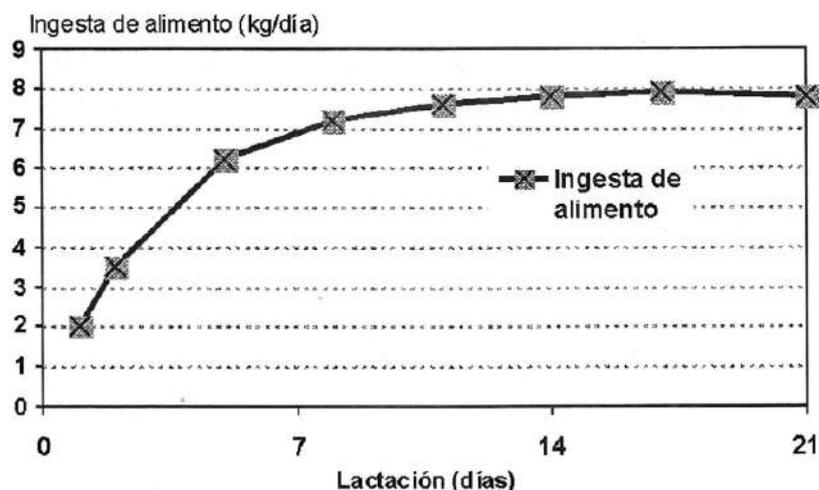


Figura: 3 Figura 3.3.3 Consumo de alimento de la cerda durante la lactación

- **200 kg Cerda a at farrowing:10 Kg de Pérdida de peso durante la lactación**
- **Tamaño de la camada: 10 lechones; peso del lechón a los 21 days: 7Kg**

Tabla 3.3.2 Estrategia de alimentación sugerida en lactación temprana.

Día	Alimento ofrecido (Kg/día)
1	2,5 – 3,0
2	3,0- 3,5
3	3,5 – 4,0
4	4,0 – 4,5
5	4,5 -5,0
6	5,0 + (a voluntad)

Basado en un alimento contenido 3346 Kcal ED/Kg

Algunas ayudas prácticas para alcanzar un buen nivel de consumo de alimento en lactación están enumeradas en la Tabla 3.3.3. Esa es la necesaria alimentar varias veces al día debido a que la marrana alimentada solo dos veces al día puede no ser capaz de consumir suficientes nutrientes para llenar la demanda de los requerimientos metabólicos, especialmente en la lactancia avanzada. Esto resulta particularmente importante bajo condiciones climáticas calientes y húmedas.

Tabla 3.3.3 Algunas sugerencias prácticas para aumentar el apetito durante la lactación.

- Alimento con una ración palatable, nutritiva
- Ofrezca una ración bien balanceada según las especificaciones de los nutrientes requeridos.
- Gradualmente aumente el consumo durante la primera semana, en adelante alimente a voluntad.
- El alimento debe ser fresco, no envejecido y sucio.

- Alimento varias veces al día, o a voluntad.
- El alimento paletizado y procesado es más digestible que en polvo.
- Asegúrese que el agua fresca y limpia esté disponible en todo momento (considere la alimentación húmeda).
- Si se ofrecen bebederos de pezón, el flujo de agua debe ser de > 2 l/min.
- Evite exponer la marrana a temperaturas altas (> 20 °C) y reduzca el estrés ambiental.
- Mantenga un buen control climático en el alojamiento de pariciones.
- No sobrealimente durante la gestación.
- Aumente la capacidad intestinal alimentando con dietas de altos niveles de fibra soluble durante la gestación.
- La separación de las dietas de gestación y lactación es esencial.
- Mejora la disponibilidad de nutrientes en la dieta.
- Asegure amplio espacio de alimentación.
- Ofrezca nutrición adicional a los lechones.
- Reduzca la demanda metabólica mediante la distribución de lechones a nodrizas o alargando el destete.
- Asegure el bienestar y comodidad de la marrana

2.3.2 Requerimientos de aminoácidos

Desde que han sido calculados los requerimientos de lisina y el contenido de la oficina de la dieta ha sido determinado, constituye un simple procedimiento calcular los requerimientos y contenido dietético de otros aminoácidos esenciales basados sobre el concepto de la ' Proteína Ideal' tanto para el periodo de la gestación como la lactación (Tabla 3.3.4).

Existen diferencias en el patrón de aminoácidos entre la gestación y lactación, debido a que el mayor requerimiento durante la gestación es para producir tejidos uterinos y ganancia de peso corporal de la marrana, mientras que para la actuación el principal requerimiento es para la producción de leche.

Tabla 3.3.4 Balance de aminoácidos sugerido y requerimiento de la marrana durante la gestación y lactación.

	Gestación		Lactación	
	% relativo a la Lis	En dieta (g/Kg)	% relativo a la Lis	En dieta (g/kg)
ED (Kcal/Kg)	3107	3346		
Relación Lisina: DE(g/MJ)*	0,45-0,50	0,67-0,75		
Lisina	100	6	100	10
Treonina	70	4,2	60	6

Metionina	28	1,7	26	2,6
Metionina + Cistina	55	3,3	50	5
Valina	79	4,7	80	8
Isoleucina	70	4,2	59	5,9
Leucina	100	6	110	11
Fenilalanina	55	3,3	56	5,6
Fenilalanina + Tirosina	100	6	112	11,2
Triptófano	19	1,2	19	1,9
Histidina	34	2,1	37	3,7
Arginina			52	5,2

*El valor es mayor cuando el consumo es más bajo

Los valores anteriores son los requerimientos 'totales'; para convertirlos en valores 'digestible ileal', multiplique por 0,85

2.4 INTERVALO DESTETE- ESTRO

El objetivo debería servir a las marranas entre 3-7 días después de destete, pero en muchas granjas el intervalo entre destete y estro es mayor que esto. Mientras más largo el periodo entre destete y la cobertura exitosa, mayor es el número de días vacíos no productivos y menor el número de camadas obtenidas por la marrana

Al destete los lechones son retirados abruptamente de la madre y también son cambiados de alojamiento. Esto causa estrés y la marrana come poco inmediatamente después del destete. Después de 24-48 horas, el apetito retorna y la marrana debería recibir la dieta de lactación a voluntad por lo menos en 3,5 kg/día hasta la monta.

Si la marrana ha perdido excesivo peso vivo y condición corporal durante la lactación, puede ser requerida una dieta de mayores especificaciones, o deberá ofrecerse la alternativa de un suplemento especial

2.5 REQUERIMIENTOS DE MINERALES

Los minerales constituyen una pequeña porción de dieta, pero son esenciales para la salud, bienestar y rendimiento del animal. Están involucrados en muchos procesos metabólicos y endocrinos dentro del cuerpo y son especialmente importantes para la reproducción.

La importancia de un adecuado aporte de minerales dietéticos para la marrana moderna hiperprolífica ha sido subrayada en el trabajo de Mahan y Newton (1995). Ellos han

comparado el contenido mineral total del cuerpo de las marranas que han completado tres partos con el contenido de marrana de edad similar (24 meses), pero que han permanecido sin preñar (Figura 3.5.1)

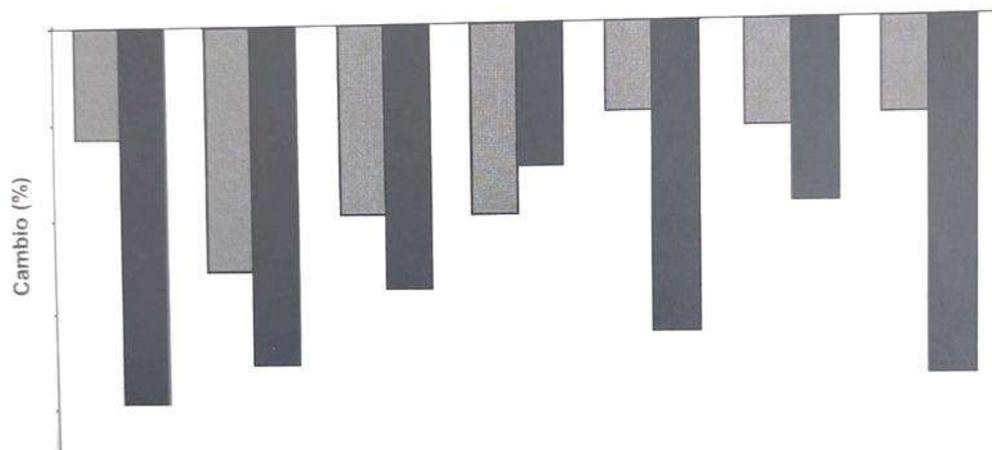


Figura 3.5.1 Cambio en el contenido mineral corporal de las cerdas después de tres partos (0 representa el contenido mineral de animal no gestante) (Mahan y Newton, 1995)

Las marranas que habían completado tres partos tenían un contenido mineral corporal más bajo que las marranas contemporáneas nulíparas no preñadas. Además, mientras más alto el nivel de rendimiento, que es el peso total de la camada al destete, menor será el nivel del contenido mineral corporal. A pesar de que los animales han sido alimentados según las recomendaciones nacionales, existió una considerable pérdida de minerales del cuerpo, probablemente de las estructuras esqueléticas. Esto tiene implicaciones muy importantes para la salud, bienestar y productividad futuros y la tasa de desechos que remarca la necesidad de ofrecer minerales en la dieta de la marrana en niveles correctos y en la forma más disponible posible.

Aunque la importancia de los macro elementos, como calcio y fósforo es bien reconocida, es solo recientemente que la función de los elementos traza influyendo sobre la reproducción ha sido bien establecida. Los minerales traza específicos están comprometidos en diferentes periodos del ciclo reproductivo, como es sugerido en la Figura 3.5.2

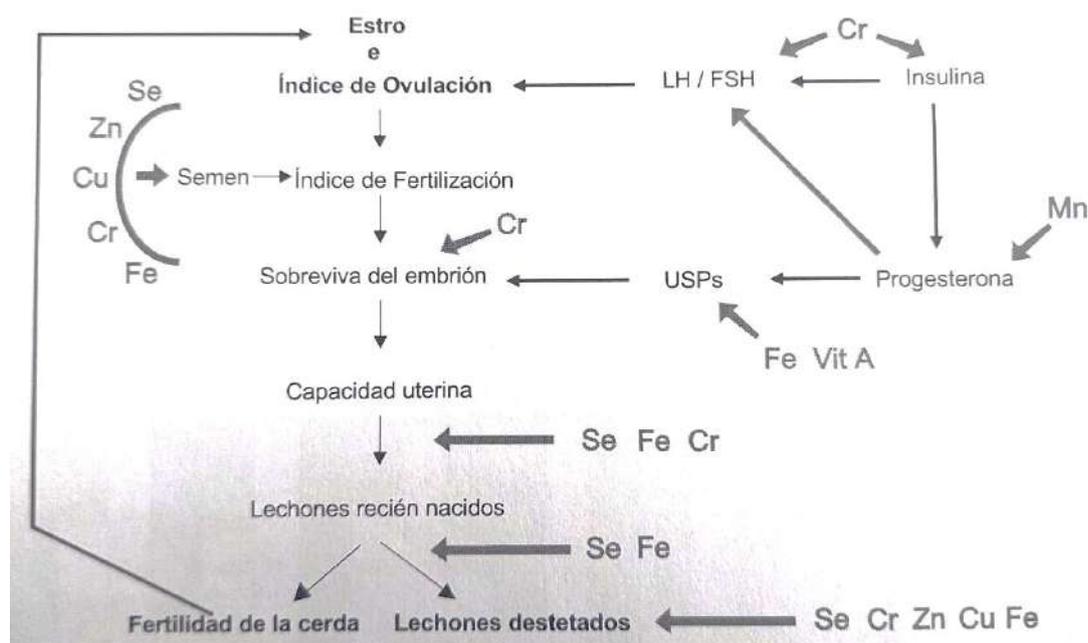


Figura. 3.5.2 Rol de los minerales en la reproducción de la cerda

En el pasado, esos minerales han sido aportados de fuentes inorgánicas. Sin embargo, trabajos recientemente con minerales traza orgánicos (Bioplex), individualmente o en combinación, han demostrado las ventajas sobre la producción de su inclusión en la dieta, especialmente el hierro, selenio y cromo. La diferencia entre minerales inorgánicos y orgánicos es explicada en la sección 2.5

2.5.1 Hierro (Fe)

Ha existido interés en el uso de hierro orgánico (Bioplex) (a la dosis de suplementación de 90 mg Fe/ Kg) en la dieta de la marrana durante la gestación. La respuesta más directa ha sido el aumento en el peso al destete del lechón, una menor proporción de lechones livianos y una mayor proporción de lechones pesados. En varios estudios ha habido reducción de la mortalidad predestete y un pequeño aumento en el consumo de alimento de la marrana durante la lactación, como se muestra en la Tabla 3.5.1. La hemoglobina y los niveles de hierro séricos también fueron más elevados tanto en la marrana como en los lechones al parto (Figura 3.5.3)

Tabla 3.5.1 Efectos de la suplementación de hierro orgánico (Bioplex) sobre el rendimiento de la marrana y el lechón.

Estudio/ País	Consumo de la marrana (Kg/ día)	Peso del lechón al destete (Kg)	Mortalidad de lechones (%)	% de lechones pequeños	% de lechones pesados
Irlanda	4,69 ♦ 4,84	7,86 ♦ 8,15	-	-	-
UK (1)	-	-	11,0 ♦ 9,5	13 ♦ 5	55 ♦ 65
UK (2)	-	6,47 ♦ 7,04	-	-	-
Australia	-	6,24 ♦ 6,51	-	21 ♦ 6	34 ♦ 41
Vietnam	4,76 ♦ 4,86	4,72 ♦ 4,93	13,0 ♦ 8,4	-	-
Chile (90 ppm)	-	5,84 ♦ 6,06	9,6 ♦ 5,0	24 ♦ 17	46 ♦ 50

	(150 ppm)	5,84 ♦ 6,49	9,6 ♦ 4,4	24 ♦ 9	46 ♦ 65
USA	4,59 ♦ 4, 66	6,22 ♦ 6,22	21,1 ♦ 13, 4	-	-

- Incluye lechones mortinatos

Los estudios aportaron 90 mg Fe/ kg de Bioplex Fe

Todos los lechones recibieron hierro después del nacimiento

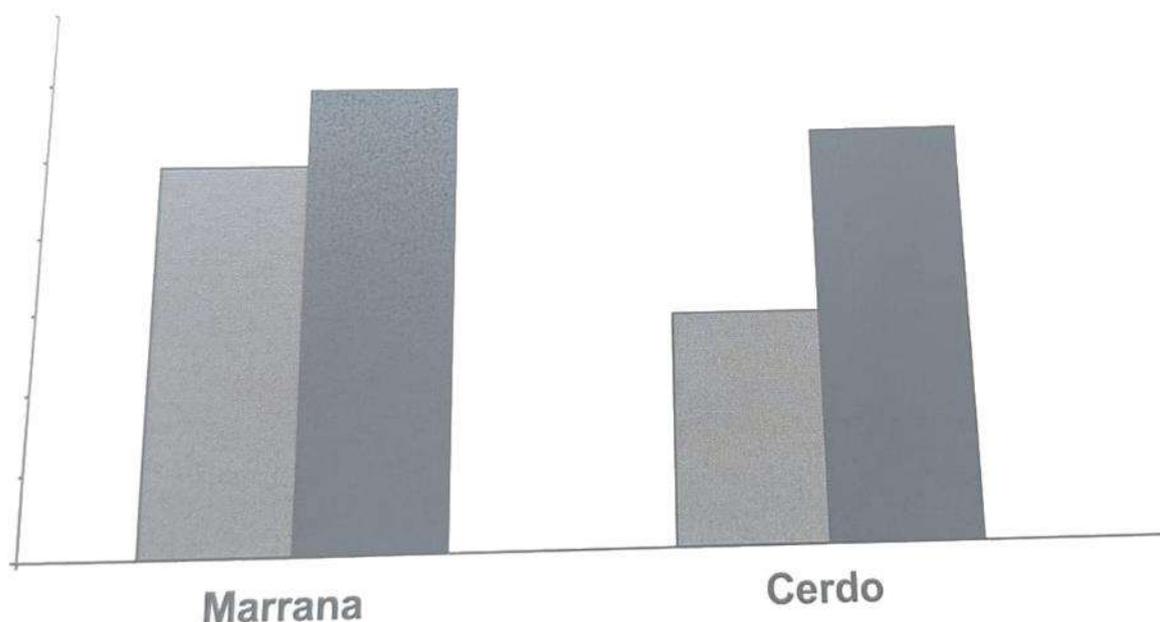


Figura 3.5.3. Efecto de la naturaleza del hierro en el estatus del hierro sérico en el parto (Smith, 2000)

Esas respuestas pueden ser explicadas sobre la base de que el Fe orgánico de Bioplex es absorbido en sangre en una forma que es fácilmente transferida a la placenta y hacia los embriones en desarrollo. No solo el hierro orgánico es más disponible, pero la eficiencia con que es absorbido también es aumentada.

El estatus de hierro aumentado y el mayor nivel de contenido de hierro hepático (Egeli et al., 1998) del lechón, significa que los lechones serán menos anémicos, más viables y fuertes al nacimiento, llenos de vitalidad con un estímulo de mamar más fuerte y saludable. En consecuencia, su comportamiento posterior es mejor.

La principal ruta de transferencia del hierro a través de la placenta es por la uteroferrina, una proteína ligada al hierro. Se ha demostrado que aumentando el hierro dietético en la ración de la marrana gestante tiene un efecto mínimo en la vía de paso de utilización del hierro por la uteroferrina. Por otra parte, el proteinato de hierro ha demostrado aumentar la transferencia del hierro a través de la placenta hacia el embrión en desarrollo. Esto puede explicar el estatus superior del hierro en los lechones recién nacidos.

La uteroferrina también es segregada en el útero durante la gestación temprana y ha sido involucrada con la supervivencia embrionaria. Hecho que es consistente con el mayor tamaño de la camada reportado en varios experimentos.

Por consiguiente, la adición de Bioplex Fe en la dieta de la marrana gestante y lactante influencia la productividad la madre y el lechón:

- Mayor transferencia placentaria de Fe hacia el feto en desarrollo
- Lechones más fuertes, más viables al nacimiento
- Mayor transferencia mamaria de Fe hacia el calostro y la leche
- Estatus de Fe aumentado en el lechón
- Mortalidad pre destete reducida
- Menos lechones de bajo peso y más de mayor peso
- Mejor rendimiento de los lechones y mayor peso al destete

El modo de acción en el cual el hierro influye sobre el rendimiento del lechón está sugerido en la Figura 3.5.4.

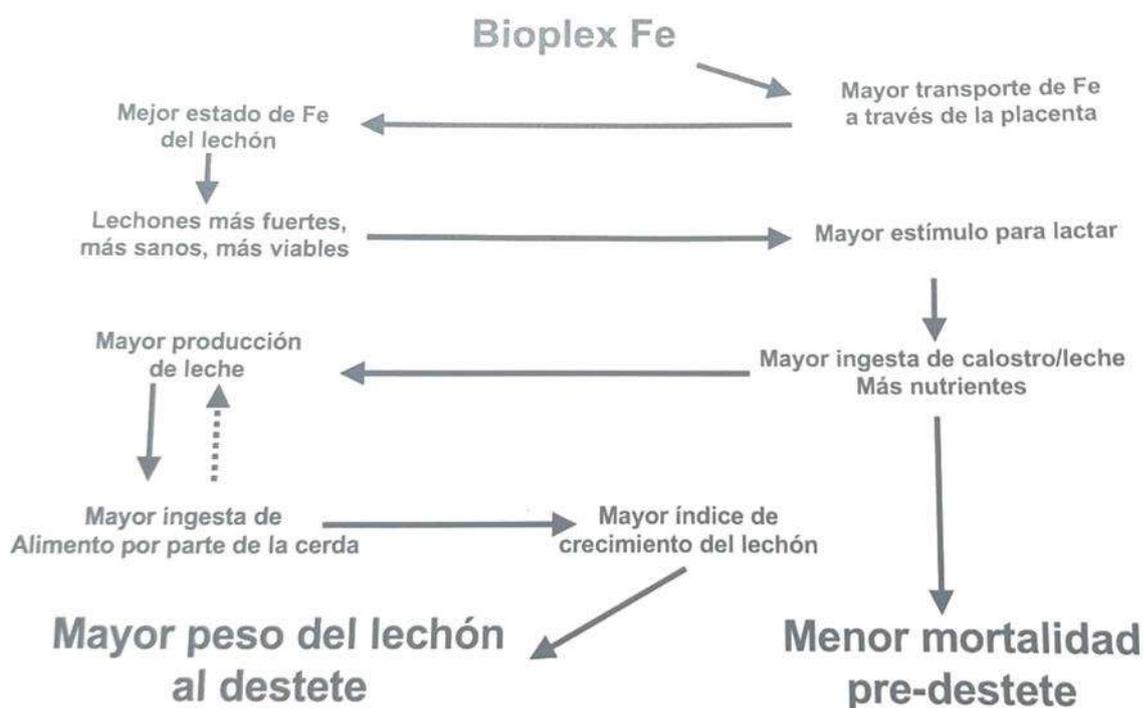
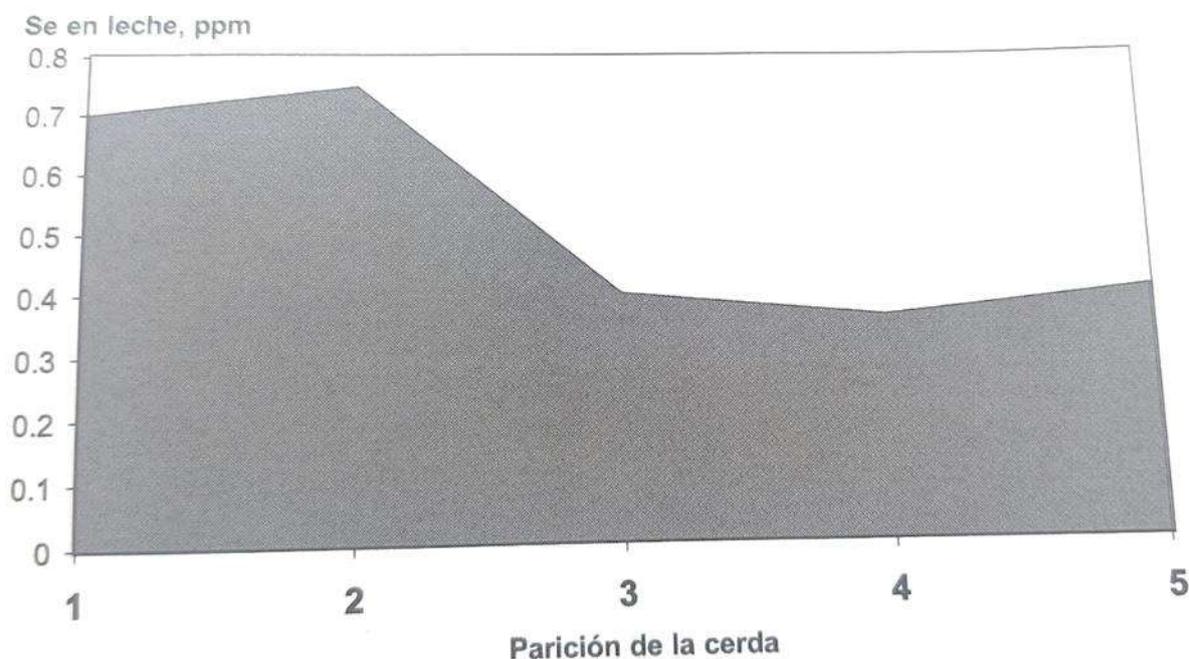


Figura 3.5.4 Hierro orgánico y el rendimiento del lechón: Modo acción propuesto

2.5.2 Selenio (Se)

Aunque el selenio se encuentra presente en las plantas y granos como Se orgánico, ha sido costumbre agregarlo a la dieta en forma inorgánica, especialmente como selenito de sodio. A pesar de esto, la deficiencia de se selenio prevalece en todo el mundo. El problema es notado especialmente en lechones nacidos de madres viejas, altamente prolíficas. Esto puede estar

relacionado con la reducción de reservas minerales traza de la marrana con el tiempo. Mahan (1995) encontró que el Se en leche declinaba marcadamente a partir del 2do parto en marranas reforzadas y mantenidas con dietas conteniendo 0,3 ppm de Se de selenito de sodio (Figura 3.5.5).



2.5.3 Contenido de Selenio en la leche de las cerdas en los partos 1 – 5 administrando 0.3ppm Se como selenito

Esto ha promovido el uso de Se orgánico de las Se-levaduras, como el Sel-Plex, donde la principal fuente de Se es la selenometionina. El Se-aminoácido es mejor retenido por el animal y da lugar a niveles mayores en el cuerpo, con un mejor estado inmunológico y productividad aumentada

En comparación con el selenito de sodio, la adición de Sel-Plex a la dieta de la marrana durante la gestación y lactación aumentó la transferencia placentaria y mamaria del contenido de Se. Por tanto, el contenido de Se del lechón al nacimiento (Tabla 3.5.2) y el contenido de Se del calostro y leche aumentaron. Mahan (1998) notó además que solo el Se orgánico dietético es transferido a la leche. Como está ilustrado en la figura en la Figura 3.5.6, las marranas que recibieron 0,15 ppm Se como selenito más 0,15 ppm de Sel-Plex tienen el mismo contenido de Se en leche que aquellas que solamente recibieron 0,15 ppm Se de Sel-Plex. La alimentación de la marrana con Se orgánica mejora el estatus de Se del lechón joven en el período crítico cuando la deficiencia de Se es más probable. Es estatus inmunológico del lechón también está aumentando, la mortalidad predestete es reducida y el rendimiento del animal es mejorado.

Tabla 3.5.2 Efectos de Se inorgánico (selenito) y orgánico (Sel-Plex) en el estatus del Se en lechones

Fuente	Selenito		Sel- Plex	
Se (ppm)	0,1	0,3	0,1	0,3
Lomo Se (ppm)				
Recién nacido	0,039	0,055	0,068	0,085
21 días	0,101	0,121	0,128	0,244
Hígado Se (pmm)				
Recién nacido	0,236	0,250	0,283	0,310
21 días	0,352	0,388	0,353	0,509

(Mahan y Kim, 1996)

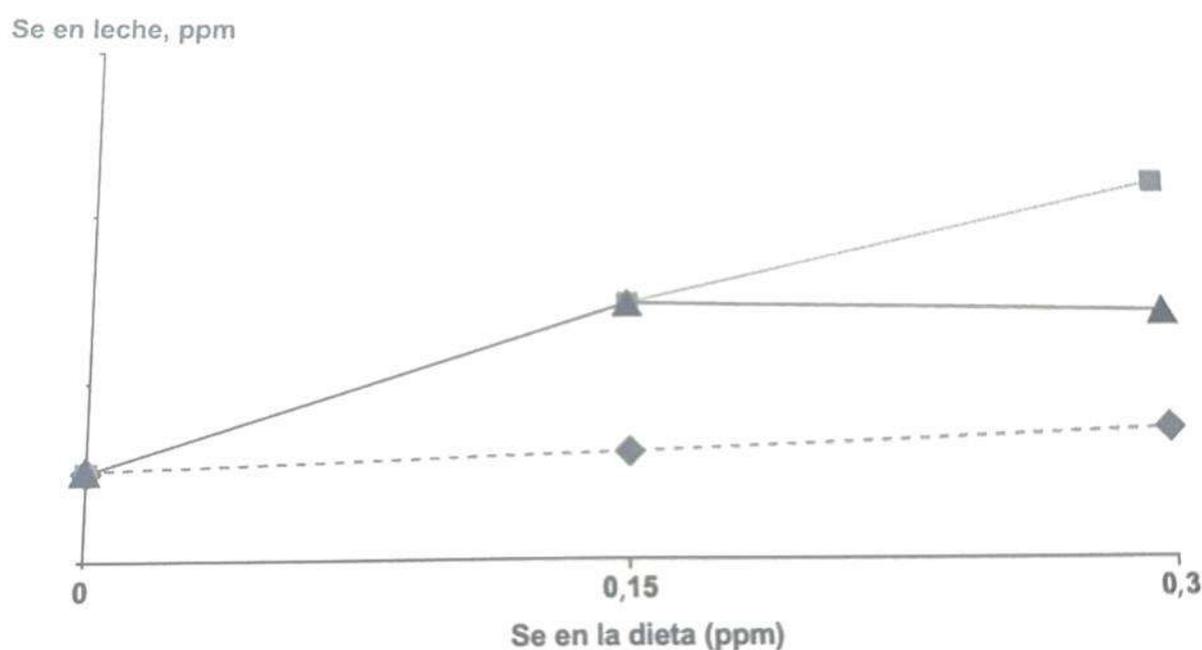


Figura 3.5.6 Efecto del nivel y naturaleza del selenio en el contenido de éste en la leche (Mahan, 1998)

Por consiguiente, comparado con el selenito de sodio inorgánico, la adición de seleniolevaduras, Sel- Plex a 0,3 ppm de la dieta de la marrana, resultó en:

- *Mayor transferencia placentaria de Se al feto en desarrollo*
- *Mayor transferencia mamaria de Se al calostro y la leche*
- *Estatus de Se aumentado en el lechón al nacimiento y destete*
- *Estatus inmunológico aumentado*
- *Reducción de la mortalidad predestete*
- *Mayor rendimiento y peso al destete del lechón*

2.5.4 Cromo (Cr)

Actualmente está establecido que el cromo trivalente (Cr+3) es un nutriente esencial y los efectos benéficos de su suplementación han sido demostrados en las marranas. Los beneficios resultan grandemente en un aumento del tamaño de la camada y la tasa de pariciones. En el estudio anteriormente reportado, Lindeman *et al.*(1995) demostraron un aumento de 2.2 lechones/camada nacidos y destetados cuando la dieta fue suplementada con 200 ppb Cr de picolinato de Cr (Tabla 3.5.3)

Tabla 3.5.3 Efecto de la suplementación de cromo en el comportamiento reproductor de la marrana

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Crecimiento/desarrollo (Cr, ppb)	0	200	500/1000
Ciclo reproductivo (Cr, ppb)	0	200	0
Tamaño de camada:			
Total nacidos	9,6	11,8	10,5
Nacidos vivos	8,9	11,2	10,1
Día 21	8,2	103	9,3

Lindeman *et al.* 1995

Es un estudio posterior a gran escala, involucrando 28000 marranas, hubo 0,4 lechones más nacidos vivos y 0,3 más lechones destetados por camada cuando la dieta fue suplementada con 300 ppb Cr (Linderman, 1999). También hubo una reducción en la mortalidad de marranas y el intervalo entre destete –servicio fue más corto.

Un estudio a gran escala en Australia (Campbell, 1996), no demostró respuestas significativas en el tamaño de la camada, pero:

- La tasa de pariciones aumentó de 79% a 92,4%
- La muerte de marranas fue reducida de 5,0 a 1,3%
- Los abortos fueron reducidos de 3,0 a 0,8% y
- El número de marranas que retornaron al estro y fueron re inseminadas fue reducido a 11,0 a 2,8%

Respuestas similares han sido obtenidas bajo condiciones asiáticas (Prachin *et al.*, 2002) cuando 200 ppb Cr de cromolevadura de Bio-Chrome fue adicionado a la dieta de lechones

desde el inicio hasta el destete a los 6 kg de peso vivo hasta el final del segundo parto de marranas jóvenes (Tabla 3.5.4)

Tabla 3.5.4 efecto de la cromolevadura (Bio-Chrome) sobre la productividad de la marrana

	Control	(±SD)	Bio- Chrome	(±SD)
Parto 1				
No de animales originalmente seleccionados	68		86	
No. De marrana jóvenes servidas	54		69	
Lechones				
Total nacidos	9,5	(2,5)	9,9	(2,2)
Nacidos vivos	8,7	(2,8)	9,3	(2,5)
Mortinatos/ momificados	0,8		0,6	
Intervalo destete- estro (días)	8,4	(8,1)	6,9	(4,3)
Parto 2				
No. de marranas servidas	44		64	
Lechones				
Total nacidos	9,6	(2,2)	10	(2,7)
Nacidos vivos	9,0	(2,2)	9,2	(2,8)
Mortinatos/ momificados	0,6		0,8	
Intervalos destete- estro	8,4	(8,7)	7,0	(4,6)
No. de marranas al finas	37		59	
Pérdida de marranas: selección – final (%)	46		31	

Prachin *et al.*, 2002

A lo largo de las dos primeras pariciones, las marranas que recibieron suplementación de Cr tuvieron 0,8 más lechones nacidos y nacidos vivos, y el intervalo destete- estro fue reducido en 2,9 días. Además, de los animales originalmente ubicados en el estudio, una mayor proporción fue seleccionada al primer servicio y hubo menos pérdida de marranas, menos marranas fueron descartadas durante el segundo estudio de pariciones

Los resultados de estos estudios por consiguiente sugieren que esas marranas que recibieron suplementación de Cr en sus dietas tuvieron:

- *Mas lechones nacidos, nacidos vivos y destetados*
- *Mayor tasa de pariciones*
- *Reducción de la tasa de desechos y mortalidad de marranas*
- *Periodo más corto entre destete y estro*
- *Reducción de variabilidad y mayor uniformidad en el rendimiento de las marranas*

2.5.4.1 Modo de acción del cromo

El cromo trivalente está involucrado en la utilización de la glucosa lo que es denominado “Facto de Tolerancia a la Glucosa” (FTG). La función mejor conocida para el FTG es en la

estimulación de la acción de la hormona insulina en la movilización de la glucosa sanguínea hacia los tejidos.

Es conocido que la insulina es el “eslabón” entre la alimentación y la reproducción. La insulina estimula la frecuencia de la hormona liberadora de gonadotrofina (FSH) y la liberación de la hormona luteinizante (LH) t la hormona folículo estimulante (FSH). Esas determinan la tasa de ovulación.

Más aun, el Cr puede indirectamente estimular la concentración de la progesterona circulante, que a su vez influye la secreción uterina de proteínas (USPs), como la uteroferrina y las proteínas absorbentes del retinol, que se sabe que aumentan la supervivencia embrionaria y que sostienen el embrión durante la gestación.

Entonces, el Cr puede influir sobre la reproducción a través de su efecto sobre la tasa de ovulación y supervivencia embrionaria dentro de las primeras cuatro semanas de gestación y probablemente también reduciendo el estrés de la preñez.

Esto es consistente con el trabajo de Bortolozzo *et al.*, (1998), quienes reportaron que 200 ppb de Cr levadura cuando es suministrada a las marranas jóvenes aumenta el número de embriones viables al día 28-34 de la gestación (Tabla 3.5.5)

Tabla 3.5.5 Efecto de la suplementación con cromo sobre la supervivencia embrionaria (día 28-34).

	Control	Crome (200 ppb)	Valor P
No. de marranas jóvenes	41	41	
Tasa de ovulación	16,5	17,1	0,26
Supervivencia embrionaria (%)	77,0	81,9	0,15
No. de embriones viables	12,7	14,0	0,05

Elaborado por: 20 El Autor (2023) en referencia a lo presentado por (Silva *et al.*, 2017)

La función sugerida para el cromo en la reproducción es representada en la figura 3.5.7

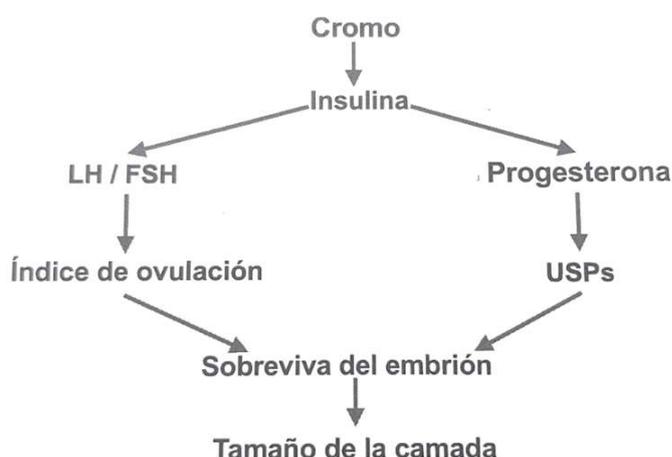


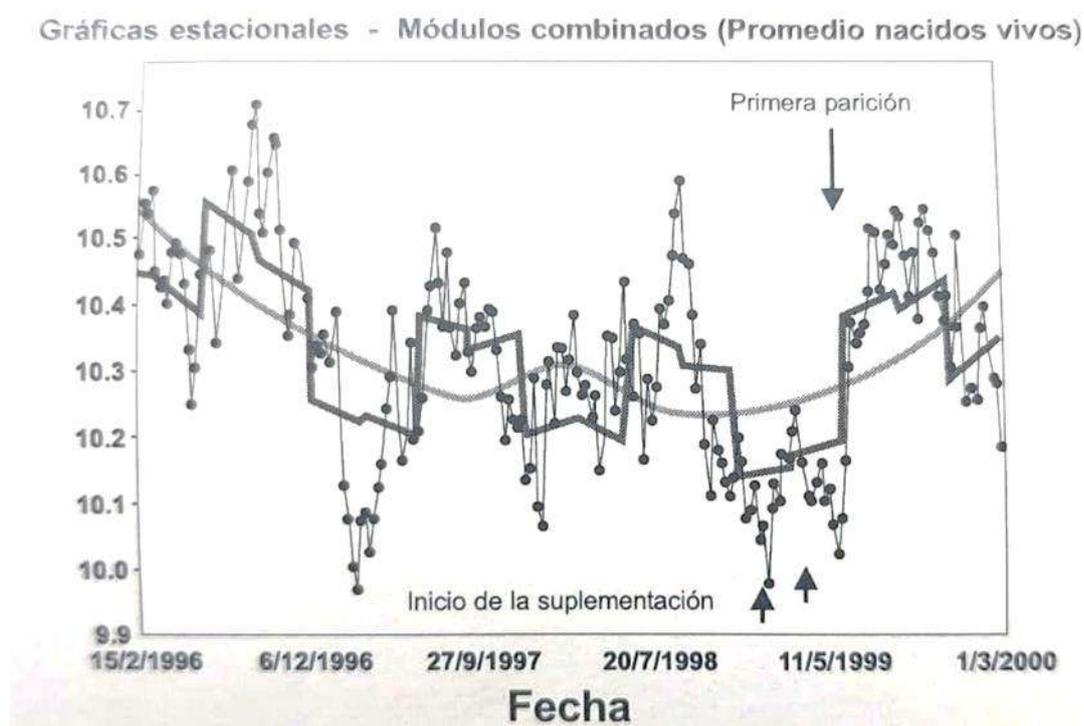
Figura 3.5.7 Rol del cromo trivalente en la reproducción de la cerda

2.5.4.2 3.5.4 Combinación de minerales

Aunque la mayoría de las investigaciones sobre proteínatos minerales han sido realizadas sobre elementos individuales, es posible que el mayor efecto sea alcanzado cuando se adiciona una combinación de minerales a la dieta. Varios minerales traza actúan sinérgicamente y por consiguiente su efectividad combinada puede ser mayor que cuando son ofrecidos individualmente.

Por ejemplo, Smits y Henman (2001), Industrias Carnicas Bunge (ahora QAF Meats, Australia), reportaron un mejor tamaño de la camada cuando la selenolevadura Sel- Prez y Bio-Plex Fe fueron agregados a la dieta (Figura 3.5.8)

Figura 3.5.8 efecto de la suplementación con mineral orgánico en promedio de lechones nacidos vivos



Elaborado por: 21 Extraído por el autor del trabajo de (Henman, 2001)

Fehse y Close (2000), suplieron la dieta de marrana hiperprolíficas durante la gestación y lactación con los minerales orgánicos: Fe, Se, Cr, Cu, Zn, Mn y reportaron más lechones nacidos, nacidos vivos y destetados con reducción de la mortalidad predestete (Tabla 3.5.6)

Tabla 3.5.6 Minerales orgánicos (BioPlex + Sel- Plex) y la productividad de la marrana (partos 3-6)

	Control	Suplementadas
Total nacidos	13,5	13,9
Nacidos vivos	12,4	12,8
Destetados	11,1	11,6
Mortalidad predestete (%)	10,5	9,4

También hubo una reducción en la tasa de eliminaciones (Figura 3.5.9). esto es considerable importancia económica y sugiere que los minerales orgánicos suplementados, con su mayor biodisponibilidad, pueden ayudar a reducir la movilización de los minerales traza del cuerpo de la marrana y la reducción de sus reservas corporales y con esto reducir la tasa de eliminación de marranas y mejorar su rendimiento

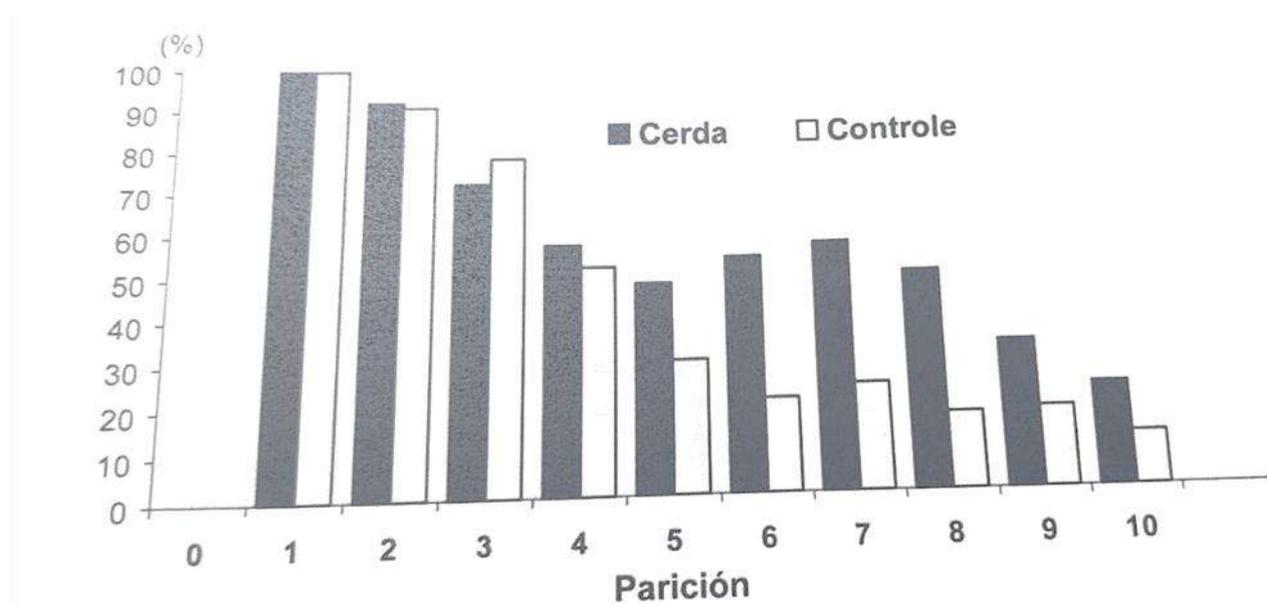


Figura 3.5.9 Proporción de cerdas en diferentes partos (Fehse y Close, 2000)

Puede concluirse de los resultados de varios experimentos que los minerales orgánicos (Bioplex) así como la seleniometionina (Sel- Plex) y el cromo (Bio- Chrome) en la dieta de marranas reproductoras ha dado como resultado:

- ***Más lechones nacidos, más nacidos vivos y destetados***
- ***Mayor peso al nacer y peso al destete del lechón***
- ***Mayor viabilidad y reducción de la mortalidad predestete***
- ***Reducción del intervalo destete-estro y mayor tasa de pariciones***
- ***Mayor estatus mineral de la marrana y del lechón***
- ***Mejor estado de salud e inmunológico***
- ***Reducción de la tasa de desechos de marranas***
- ***Aumento general de la productividad de la marrana***

2.5.5 Resumen de recomendaciones sobre minerales

Basado en la información anterior, las recomendaciones para minerales en la marrana reproductora están representadas en la tabla 3.5.7. Esas recomendaciones son “disponibilidades”, antes que “requerimientos” en sí y son predominantemente basados en una

importante revisión de la literatura científica efectuada por Close y Cole (2000). Esas disponibilidades son divididas entre los aportes de fuentes orgánicas consideradas adecuadas.

Tabla 3.5.7 Disponibilidades de minerales sugeridas para la marrana reproductora (fuentes inorgánicas/ orgánicas).

	Inorgánicas	Orgánicas	Total	Unidades
Calcio	9	-	9	g/kg
Fosforo	7	-	7	g/kg
Fósforo (disponible)	4	-	4	g/kg
Sodio	1,6 – 2,3	-	1,6 – 2,3	g/kg
Cloro	2,7 – 3,7	-	2,7 – 3,7	g/kg
Sal	4 – 6	-	4 – 6	g/kg
Potasio	2,5	-	2,5	g/kg
Magnesio	0,4	-	0,4	g/kg
Cobre	5	5	10,0	mg/kg
Hierro	60	75	135	mg/kg
Yodo	0,5 – 0,7	-	0,5 – 0,7	mg/kg
Manganeso	20	20	40	mg/kg
Zinc	80	40	120	mg/kg
Selenio	0	0,3	0,3	mg/kg
Cromo	-	200	200	mg/kg
Cobalto	0,1	-	0,1	mg/kg

Esas disponibilidades asumen un buen consumo voluntario de alimento, especialmente durante la lactación. Si por cualquier razón el consumo de alimento es bajo, por ejemplo, en una marrana de primer parto o bajo condiciones de estrés por calor, entonces los niveles dietéticos deberán ser incrementados para asegurar que se cumplan los requerimientos minerales.

2.6 REQUERIMIENTOS DE VITAMINAS

Todas las vitaminas son esenciales para el normal metabolismo, crecimiento, desarrollo y salud del animal (Sección 2.6). Sin embargo, varias son específicamente importantes para la reproducción en sí misma y esas son discutidas.

2.6.1 Vitamina A (Retinol)

La vitamina a es esencial para el mantenimiento de la función reproductiva y desarrollo embrionario. Ejercer su efecto influyendo sobre la producción esteroidea en los ovarios y manteniendo un buen medio ambiente uterino.

La vitamina A influye directamente sobre la producción ovárica de progesterona. La cerda segrega grandes cantidades de proteínas en respuesta a la progesterona y esas son esenciales para la viabilidad y nutrición de las membranas fetales; por ejemplo, la proteína ligada retinol (RBP), una proteína específica de la vitamina A, que está involucrada en la producción esteroidea, desarrollo de tejidos fetales y en consecuencia de la supervivencia embrionaria. La vitamina A es por lo tanto esencial para el establecimiento y mantenimiento de la gestación y para asegurar un buen tamaño de la camada.

La disponibilidad de vitamina A sugerida para marranas gestante es de 8.000 – 10.000 UI/kg de dieta.

2.6.2 Vitamina E (α Tocopherol)

Aunque la principal función de la vitamina E es como un antioxidante, hay evidencia de que un bajo estatus de vitamina E en la marrana puede conducir a una marcada reducción del número de lechones nacidos vivos y destetados. También ha sido reportado el reducido peso al destete y mayor incidencia de diarreas en lechones.

Los lechones nacen con muy bajos niveles de vitamina E debido a que la transferencia ínter placentaria selenio mínimo. La transferencia en el calostro y leche es la forma más eficiente de aportar a tocoferol en lechones

El requerimiento de vitamina E para marrana reproductora es de unas 50 UI/kg de dieta. Esto sin embargo, debería ser aumentado si los ingredientes de la dieta con bajos en selenio orgánico, si los animales están estresados a causa de pobres condiciones ambientales, si la inmunidad es baja y si ingredientes de baja calidad conteniendo grasas insaturadas son suministradas en la ración.

2.6.3 Ácido fólico

El cerdo tiene requerimientos definidos de ácido fólico y su deficiencia conduce al bloqueo de los sistemas metabólicos los cuales el ácido fólico se encuentra involucrado. Los tejidos más afectados son aquellos con un elevado reciclaje de proteínas y donde hay un rápido crecimiento celular, como el feto durante la gestación

2.6.4 Biotina

La evidencia de que la suplementación con biotina aumenta el rendimiento productivo no es concluyente. Sin embargo, hay suficiente evidencia para incluir a la biotina en la dieta de la marrana por sus posibles efectos sobre la reproducción.

Por otra parte, hay evidencias claras que la adición de la biotina a la dieta aumentó la resistencia de los miembros y redujo los problemas de patas en marranas, disminuyendo su desecho prematuro

La tasa de inclusión sugerida en la dieta de la marrana es de 0,3 mg/kg, pero en los rebaños con problemas de patas y/o reproductivos persistentes, este podría ser incrementado a 1,0 mg/kg de dieta.

2.6.5 Ácidos grasos esenciales (EFA)

Aunque no son vitaminas, los ácidos grasos esenciales (AGE) tienen funciones muy bien definidas en la nutrición. Actúan como precursores de las prostaglandinas que son esenciales para la reproducción y son incorporados en los lípidos estructurales de las membranas celulares.

Aunque existe poca información sobre los requerimientos del cerdo reproductor para ácidos grasos esenciales, se recomienda que la dieta contenga 7 g de ácido linoleico y 5 g de ácido araquidónico por kg de alimento.

2.6.6 Resumen de recomendaciones sobre vitaminas

Las recomendaciones de vitaminas para la marrana reproductora son presentadas en la tabla 3.6.1. Esas recomendaciones son disponibilidades en un lugar de “recomendaciones” en si mismas, y son predominantemente basadas en una importantes revisión literaria científica efectuada por Close y Cole (2000).

	Disponibilidad		
	Desde	Hasta	Unidades
Vitamina A	8000	1200	UI/kg
Vitamina D	750	1200	UI/kg
Vitamina E	50	75	UI/kg
Vitamina K	1	2	mg/kg
Tiamina (B1)	1	2	mg/kg
Riboflavina (B2)	3	5	mg/kg
Niacina	10	20	mg/kg
Piridoxina (B6)	1,5	2,0	mg/kg
Cianocobalamina (12)	0,015	0,020	mg/kg
Acido pantoténico	12	25	mg/kg
Biotina	0,3	0,3	mg/kg
Ácido fólico	3	4	mg/kg
Colina	1,5	2,0	g/kg
Ácido linoléico	7	7	g/kg
Acido araquidónico	5	5	g/kg

Esas disponibilidades asumen un buen consumo voluntario de alimentos, especialmente durante la lactación. Si por alguna razón el consumo de alimento es bajo, por ejemplo, en una cerda de primer parto, o bajo condiciones ambientales de estrés por calor, entonces los niveles en la dieta deberán ser aumentados para asegurar que los niveles de vitaminas se encuentran cubiertos.

El diseño de una premezcla mineral/vitamínica para la marrana requiere una cuidadosa consideración. Las áreas que exigen atención incluyen la interacción entre ingredientes (ej.: minerales traza y vitaminas liposolubles), el animal de grasa en la dieta, así como el procesamiento y almacenamiento interno.

2.7 ESTRATEGIA ALIMENTICIA GENERAL PARA LAS CERDAS JÓVENES Y LAS MARRANAS REPRODUCTORAS

Los requerimientos para energía, lisina, minerales y vitaminas son ahora conocidos y las dietas y regímenes alimenticios pueden ser desarrollados tomando en cuenta los requerimientos individuales del animal para cada etapa de su ciclo reproductivo y para cada tipo y sistema de producción. Esto es especialmente importante para la marrana moderna altamente productiva cuyo propósito debe ser mantener su buena condición durante toda su vida reproductiva. Esto necesita adecuadas reservas corporales de la cerda joven en su primera monta, de modo que las reservas corporales estén disponibles para su movilización en situaciones donde las exigencias metabólicas superen la ingestión de nutrientes, como puede ocurrir durante la lactación y/o en condiciones climáticas de estrés por calor.

En la gestación, la alimentación debería tomar en cuenta el peso vivo y la condición de la marrana, sus condiciones ambientales y el sistema de manejo. Puede requerirse más énfasis en la formulación de dietas altas en fibra que puedan ser ofrecidas a voluntad y que promuevan el bienestar y comportamiento del animal

En la lactación, el objetivo debería ser maximizar el consumo de alimento para cubrir el considerable potencial lechero de la marrana sin perjudicar las reservas corporales. En este respecto, la temperatura ambiental dentro de la sala de partos no debe ser alta y debe disponer de un aporte de agua limpia adecuado.

Las marranas pos destete deberían ser mantenidas con altos consumos de dietas de lactación para acelerar el retorno al estro y maximizar el tamaño de la subsiguiente camada.

Una estrategia alimenticia de 3-5 días reúne mejor las exigencias nutricionales y metabólicas de la marrana moderna y esto ayuda a asegurar la productividad óptima de la madre y su cría

Por consiguiente, las siguientes especificaciones dietéticas son recomendadas

Cerda en levante: 3226,5 Kcal DE y 8,0 g lisina/kg

Gestación: 3107 Kcal DE y 5,5-6,0 g lisina/kg

Lactación (general): 3346 Kcal DE y 10 g lisina/kg

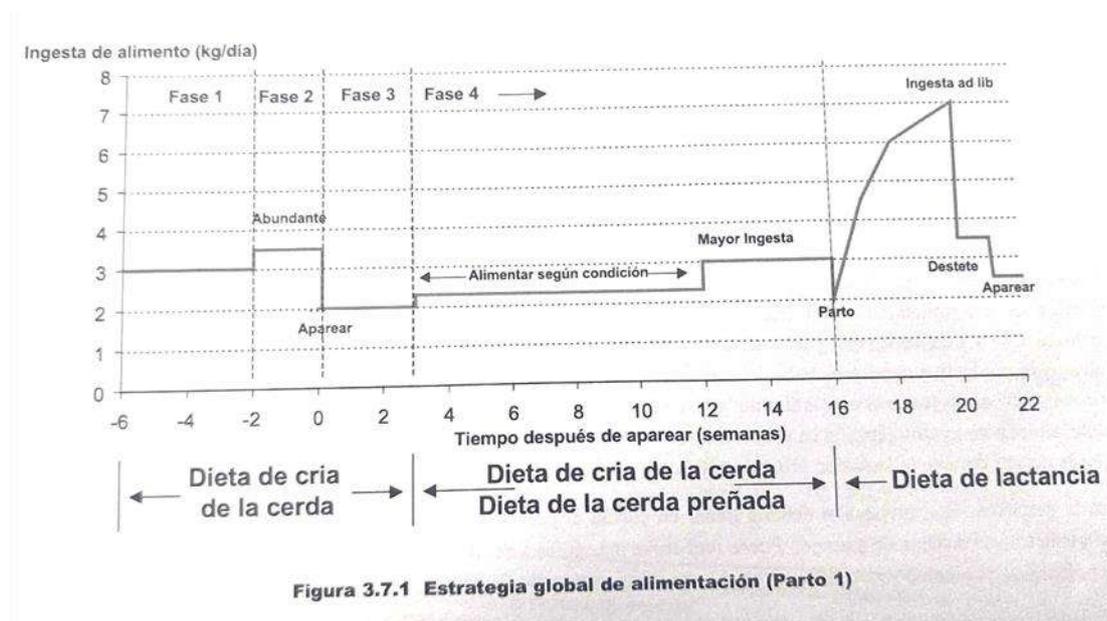
Lactación (bajo consumo): 3465,5 Kcal DE y 11 g lisina/kg

Lactación (alto consumo): 3226,5 Kcal DE y 8-9 g lisina/kg

En situaciones donde el consumo de las marranas durante la lactación es bajo, deberían ofrecerse dietas de mayor contenido de proteína y lisina. El suministro de dietas separadas durante la gestación y lactación cubren mejor las exigencias metabólicas de la marrana en cada etapa de su ciclo reproductivo. El suministro de dietas únicas durante esos periodos es solo un compromiso en el que se sobrealimenta con nutrientes durante la gestación y se subalimenta durante la lactación.

Una simple estrategia práctica que cubre mejor los requerimientos de las marranas en todas las etapas de gestación y lactación está ilustrada en la Figura 3.7.1. Los niveles de alimentación reportados se aplican a las cerdas jóvenes al primer parto, el consumo de alimento durante la gestación debería por consiguiente ser aumentado en 0,2 a 0,3 kg/día en cada parto subsiguiente, dependiendo de la condición corporal de la marrana.

Figura 3.7.1 Estrategia global de alimentación (Parto 1)



2.8 AGUA

Los lineamientos para el uso de agua en la marrana están representados en la tabla 3.8.1. la disponibilidad de agua para la marrana durante la lactación es muy importante, y una marrana grande en un ambiente cálidos amamantando una camada abundante de lechones puede

presentar un exceso de requerimientos de agua, estando por encima de 50 l/día. Por consiguiente, es importante que la tasa de suministro de agua sea suficiente y si son usados bebederos de pezón, que estos dispensen agua a un mínimo de 2 l/min.

	Marranas secas y gestantes	Marranas lactantes	Varracos
Disponibilidad de agua, l/día a 10-30	20-60	14-40	
Disponibilidad de agua, l/kg alimento	4-6	4-8	4-6
Disponibilidad de agua, l/ kg peso vivo	0,10-0,15	0,15-0,20	0,10- 0,15
Tasa de distribución de agua, l/min b	1,0	2,0	1,5
Nivel de acción, l/día c	25	15	

- Los niveles superiores son para animales más pesados y en temperaturas ambientales elevadas.
- Las tasas aplican para bebederos de pezón o de mordida
- Este es el nivel de consumo al cual la salud y rendimiento del animal comienza a deteriorarse. Brooks, 2000

Nuevamente, el agua debería estar siempre disponible libremente para el animal, debido que existe una considerable variación en el consumo de agua entre las marranas. En información reciente de Australia se reporta que el promedio de consumo de agua de marranas alojadas en grupo fue de 11,0 l/día, pero para marranas individuales varió entre 0,5 y 42,0 l/día. Por consiguiente, las recomendaciones de agua de bebida para cerdas no deberían ser muy rígidas (Ver la sección 2,7 sobre calidad del agua.)

2.9 ESTATUS INMUNOLÓGICO Y PRODUCTIVIDAD DE LA MARRANA

Cuando el sistema inmunológico es activado, se liberan las citocinas y éstas desencadenan una serie de ajustes metabólicos, incluyendo:

- Una elevación de la tasa de metabolismo basal Aumento en la temperatura corporal
- Mayor tasa de gluconeogénesis y oxidación de glucosa
- Mayor tasa de la fase aguda de síntesis hepática de proteínas
- Reducción en los niveles circulantes de hormonas anabolizantes, GH y IGF-1
- Aumento en la tasa de hormonas catabolizantes, incluyendo el glucocortisol

En el crecimiento y acabado del cerdo esas respuestas metabólicas y endocrinas ha sido demostrado que deprimen el apetito, reducen la ganancia de proteína y por consiguiente de la tasa de crecimiento, reducen la eficiencia de utilización del alimento y alteran la composición corporal, con producción de más grasa y menos tejido magro

Recientemente ha sido demostrado que, en las marranas lactantes, cuando exude una activación crónica del sistema inmunológico. hay inhibición de las hormonas lactogénicas, especialmente la prolactina, y esto da lugar a una menor síntesis y producción de leche. Efectivamente, Sauber *et al.* (1999) reportaron un 10% de reducción en consumo de alimento y producción de leche y un 12% de reducción en el crecimiento de la camada cuando las marinas fueron desafiadas con altos niveles de activación del sistema inmunológico, como ocurriría cuando las marraras sufren un desafío por enfermedad (Tabla 3.9.1). Esto sugiere que mejorando el estatus inmunológico en la marrana durante la lactación puede resultar en un mejoramiento del rendimiento de la madre y del lechón.

Tabla 3.9.1 Efecto del nivel de la activación del sistema inmunológico en comportamiento de la marrana y del lechón.

	Bajo	Alto	Valor de P
Parámetros de la madre (18 d lactación)			
Consumo de alimento, kg/	5,36	4,80	
Cambio de peso vivo, kg/d	-0,74	0,69	
Cambio de grasa dorsal, mm/d	-0,19	-0,24	
Parámetros de la camada			
No. de lechones destetados	12,6	12,6	
Ganancia de peso de la camada	2,6	2,28	0,01
Aporte de nutrientes			
Producción de leche l/d	11,5	10,1	0,01
Energía, MJ/d	60,2	53,1	0,01
Proteína, g/d	68,3	61,2	0,01
Grasa, g/d	72,6	67,5	

Elaborado por: 22 El Autor (2023) del trabajo presentado por (Sauber *et al.*, 1999)

Es sabido que el oligosacárido manano del producto **Bio-Mos** modula el sistema inmunológico y Pettigrew & Tropp (2000) ha demostrado que esta adición en las dictas de los lechones mejoró las tasas de crecimiento y eficiencia alimenticia. Más recientemente, Funderburke *et al.*, (2002)ha suplementado la dieta de marranas en gestación tardía con Bio-Mos y durante la lactación y registró varios aspectos del rendimiento de la marrana y los lechones. Bio-Mos fue

incluido en 1,8 kg/ton del alimento durante las últimas 3 semanas de gestación y en 0,9 kg/ton de alimento hasta el día 21 del periodo de lactación.

Esas marranas alimentadas con Bio Mos destetaron lechones con un mayor peso al destete y tuvieron menor mortalidad predestete que las marranas del control (Tabla 3.9.2). Además, el período entre el destete y el estro también fue reducido. Más aún, el 88% de las marranas suplementadas con Bio- Mos retornaron al estro, comparadas con solo 78% de las marranas control.

Tabla 5 Tabla 3.9.2 Efecto de Bio- Mos sobre el rendimiento de la marrana y del lechón

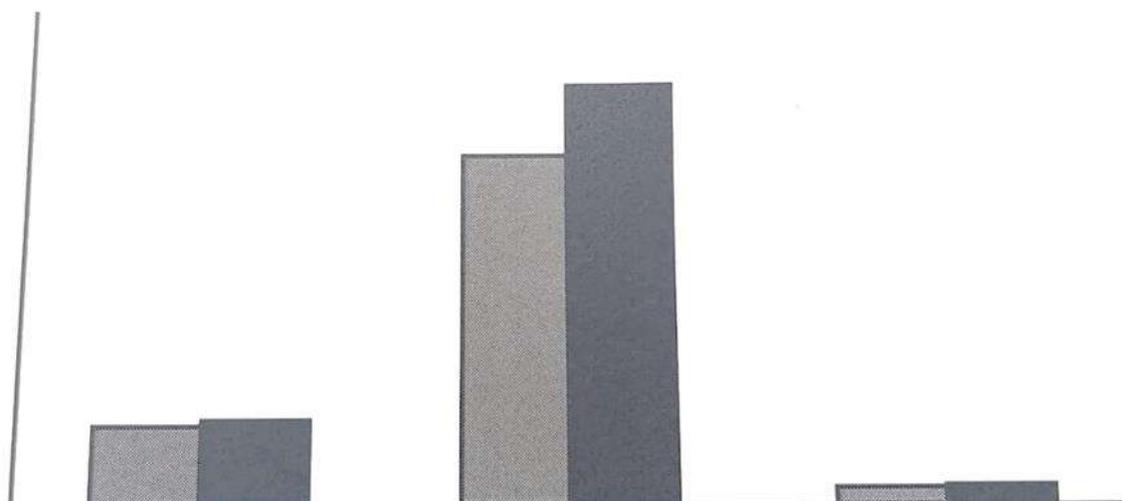
	Control	Bio- Mos
No. de marranas	517	509
Promedio de partos	3,23	3,29
No. de lechones nacidos vivos	9,96	9,78
Promedio de peso al nacer, kg	1,66	1,69**
Mortalidad pre destete %	11,27	9,09**
No. de lechones destetados	8,84	8,89
Tasa de crecimiento de los lechones, g/d	177	195***
Peso al destete de lechones, kg	5,47	5,80***
Intervalos destete- estro, días	7,27	5,20***
Madres retornando al estro después del destete, %	77,8	88,0

Elaborado por: 23 El Autor (2023) en referencia al trabajo de (Funderburke et al., 2002)

(* $p < 0,10$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$)

El mejoramiento de la ganancia de peso y la mortalidad predestete pueden ser explicados por la alteración del perfil de inmunoglobulinas en el calostro. Las concentraciones de IgA, IgG y de IgM fueron todas aumentadas significativamente ($p < 0,05$) por la adición de Bio- Mos a las dietas de las marranas (Figura 3.9.1)

Figura: 4 Figura 3.9.1 Efectos de Bio- Mos en el contenido de inmunoglobulinas en el calostro (Funderburke et al., 2002)
(Diferencias son estadísticamente significativas, $P < 0,05$)



Por consiguiente, podría esperarse que los lechones de marranas recibiendo Bio- Mos serían más saludables, como es sugerido por la reducción en mortalidad predestete, y crecimiento más rápido por el aumento en la calidad del calostro. El uso de Bio- Mos en la dieta de la marrana por lo tanto mejoró significativamente el rendimiento de la madre y sus lechones.

2.10 ALIMENTACIÓN SUPLEMENTARIA DE LOS LECHONES

Si la marrana es incapaz de producir suficiente cantidad de leche para cubrir los requerimientos de su camada en crecimiento, será necesario ofrecerle un reemplazador líquido de leche y/o una dieta “preiniciadora” a los lechones. Esto aumenta los nutrientes aportados por la leche materna y capacita a los lechones a alcanzar una mejor tasa de crecimiento y por consiguiente mejor peso de destete.

El trabajo de Dunshea *et al.* (1997) en VLAS, Werribee, Australia ha demostrado que ofreciendo una suplementación láctea a los lechones durante la lactancia promovió la tasa de ganancia de peso y el peso al destete (Tabla 3.10.1). Esos lechones que recibieron suplemento lácteo fueron 0,6 kg más pesados al día 20 cuando fueron destetados y 4,5 kg más pesados a los 120 días de edad, que cuando fueron criados con un programa convencional de alimentación posdestete. No hubo efecto en el cambio del peso vivo o grosor de la grasa dorsal de la marrana, sugiriendo que su tasa de producción de leche no fue afectada

Tabla 3.10.1 Efecto de la suplementación con leche (desde el día 10) sobre el crecimiento de los lechones

	Amamantado solo	Amamantado + leche
Peso del lechón (kg)		
Día 10	3,88	3,83

Día 20	6,13	6,74
Tasa de crecimiento de lechones (g/d)		
Día 0-10	220	214
Día 10-20	223	291

Elaborado por: 24 El Autor (2023) en referencia al trabajo de (Dunshea et al., 2001)

La provisión del suplemento de la alimentación puede resultar particularmente útil bajo condiciones de estrés (ej: estrés calórico). Por ejemplo en el trabajo de Azain et al. (1996) demostraron que el consumo de alimento de la marrana y la tasa de crecimiento de los lechones fue reducida drásticamente en condiciones de clima cálido (27.6°C) comparado con el frío (20.7°C) (Tabla 3.10.2)

Tabla 3.10.2 Efecto de la suplementación con reemplazador de leche y la estación sobre el rendimiento del lechón y a marrana

Estación	Fría		Calida	
	Control	Suplementadas	Control	Suplementadas
Consumo de alimento de la marrana (kg/d)	5,8	5,8	3,7	3,7
Reemplazador de leche (litros/ 21 d)	-	2,92	-	9, 27
Peso del lechón al nacer (kg)	1,39	1,44	1,57	6,18
Peso del lechón al destete (kg)	6,10	6,62	5,00	1,44
Tasa de crecimiento del lechón (g/d)	224	247	163	226
Peso de destete de la camada (kg)	58,0	62,9	46,5	59,3
Pérdida de peso vivo de la marrana (kg)	7,6	9,3	15,8	10,3
Perdida de grasa dorsal de la marrana (mm)	1,3	0,3	2,0	1,9

Elaborado por: 25 El Autor (2023) en referencia a lo presentado por (Azain et al., 1996)

Sin embargo, cuando se ofreció una suplementación de leche líquida, los lechones consumieron suficiente cantidad en las condiciones cálidos, de modo que su tasa de crecimiento y peso al destete fueron similares a las de los lechones criados bajo condiciones frías. La pérdida de peso corporal de las marranas también fue reducida Aun bajo condiciones frías. los lechones consumieron suplemento lácteo y aumentaron su peso al destete en aproximadamente 0.5 kg.

2.11 MICOTOXINAS EN LA NUTRICIÓN DE LA MARRANA

Aunque todas las micotoxinas influyen sobre el rendimiento, la micotoxina estrogénica zearalenona (toxina F-2) producida por *Fusarium gramineum* tiene un efecto importante sobre la productividad de la marrana. Esta se presenta en muchos cereales e ingredientes proteicos en todas las partes del mundo.

Un síntoma característico de la intoxicación por la micotoxina zearalenona es el enrojecimiento de la vulva. La toxina causa infertilidad, anestro, prolapsos, pseudopreñeces, mortalidad embrionaria y reducido tamaño de las camadas: También el consumo de alimento y la lactación son reducidos. La toxina puede pasar en la leche y causar síntomas en los lechones lactantes También puede deprimir el estado inmunitario Ciertamente, afecta el rendimiento del animal en todas las etapas de su vida reproductiva, como ha sido demostrado en un número de estudios En un estudio, las cerdas jóvenes maduras recibieron un alimento naturalmente contaminado o un control (no contaminado) desde el momento del primer estro (pubertad) hasta el segundo estro y servicio. Después de la monta, los animales fueron mantenidos en la dieta control o alimentados con la dieta opuesta de la que recibieron previamente. Los resultados se encuentran resumidos en la Tabla 3.11.1

Tabla 3.11.1 El rendimiento de marranas jóvenes que recibieron alimento contaminado con zearalenona (F-2)

Periodo	Régimen dietético		
1ro – 2do estro	Control	Control	F-2*
Gestación	Control	F-2*	Control
Antes de la monta			
No. de marranas	25	24	33
Anestro	0	1	15
Después de la monta			
No. de marranas			
Total	25	23	18
Seudo- preñadas	0	5	1
Preñadas %	72	74	56
No. de fetos normales	9,9	8,9	8,6
Peso fetal, g	423	323	383
Peso de placenta, g	190	127	164

Elaborado por: 26 El Autor (2023) en referencia a lo presentado por (Etienne & Jemmali, 1982)

*El alimento contenía 3,61 y 4,32 mg F-2/kg antes y después de la monta, respectivamente.

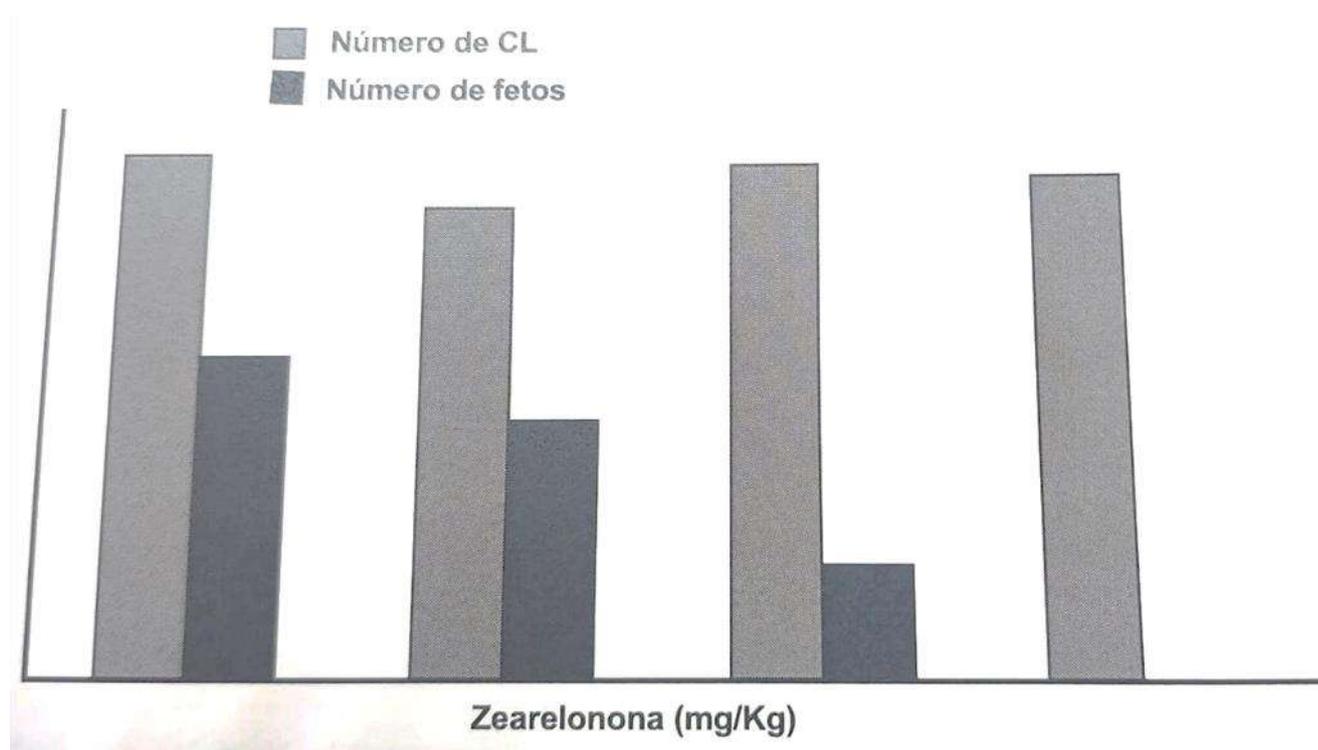
Los resultados muestran que:

- Las marranas del grupo control ciclaron normalmente y fueron cubiertas
- Solo el 54% de las del grupo de grano contaminado ciclaron y fueron cubiertas

- La tasa de preñeces de las marranas que recibieron granos contaminados con F-2 antes fue menor que el de las marranas que recibieron la dieta control antes de la monta o los animales alimentados con el control después de la monta
- 20% de las marranas que recibieron grano contaminado con F-2 después de la monta fueron consideradas preñadas, pero a la necropsia fueron encontradas pseudo preñadas.
- Los pesos fetales y placentarios al día 80 de gestación fueron significativamente reducidos cuando recibieron dietas contaminadas con F-2

Un estudio subsiguiente (Long & Diekman, 1986), demostró que el principal efecto de la alimentación con ingredientes contaminados con toxina F-2 sobre las marranas jóvenes maduras desde el día 3 al día 34 pos servicio fue la inhibición del desarrollo fetal (Figura 3.11.1). Parece que la etapa más crítica para esas pérdidas es dentro de las primeras dos semanas después de la monta

Figura 3.11.1 Zearelonona y desarrollo fetal (día 3- 34)



Puede concluirse de esos estudios que la ingestión de zearalenona indujo la pseudopreñez en las cerdas jóvenes. Esto sugiere que los animales no ciclan, no pueden ser cubiertos exitosamente, la gestación no se mantiene y el programa reproductivo se interrumpe. El crecimiento y desarrollo fetal están afectados, con el resultado de que los lechones son débiles y con pesos bajos al nacer, con mayor incidencia de mortinatos, así como posiblemente lechones con las piernas abiertas.

La toxina F-2 también es transferida a los lechones por medio de la leche y se caracteriza por el enrojecimiento y edema de la vulva en los lechones hembras a los pocos días después del nacimiento. El rendimiento de estos lechones también puede ser afectado.

Es generalmente reconocido que el nivel de zearalenona en la dieta no debería exceder de 1 ppm. Por encima de este nivel, aparecen los síntomas y el rendimiento se encuentra reducido. Un ligante de micotoxinas con fuerte afinidad por la zearalenona, como el Mycosorb puede, sin embargo, neutralizar esos efectos perjudiciales.

2.12 FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD DE LA MARRANA

2.12.1 Factores clave que afectan la productividad de la marrana

Parámetro	Objetivo	Intervención	Rendimiento propio*	Acción
Tasa de desecho (%)	35	>42		
Parto de la marrana al desecho	6-7	<3 >8		
Promedio de partos	4	<3 >6		
Mortalidad de marranas (%)	<5	>5		
Tasa de pariciones (%)	90	>83		
Camadas/ marrana/año	2,4	<2,2		
Intervalo destete- servicio (d)	5	>7		
Días vacíos/ marrana/año	15	>20		
Total nacidos/camada	12,0	<11,0		
Lechones nacidos vivos	11,3	<10,0		
Mortinatos y momificados	<0,7	>1,0		
variación camada (<7 lechones)(%)	<15	>15		
Peso medio lechones al nacer (%)	1,4	<1,1		
% debajo de 1kg (%)	10	>20		
Mortalidad predestete (%)	10,0	>13,0		
Lechones destetados/camada	10,2	<9,5		
Lechones destetados/marrana/año	24,5	<21		
Cerdos vendidos/marrana/año	23,0	<19		

Edad al destete (d)	25	25		
Peso de lechón al destete (kg)	7,0	<6,0		
Peso de camada al destete (kg)	70,0	<60		
Alimento/ marrana año (t)	1,10	<1,00		
Alimento/ lechón destetado (t)	45	>55		
Alimento/kg cerdo producido (kg)	7,0	>7,5		
Alimento preiniciador sugerido (g/lechón)	300	-		
Verracos por cada 100 marrana	5	<4		

*Si su propio rendimiento está por debajo del nivel de intervención, revise las siguientes tablas para potenciales problemas y causas. Algunas consideraciones para acciones también son ofrecidas.

2.12.2 Factores afectando la tasa de desecho

Problema	Causa	Consideración
Anestro, no en el cerdo	No hay ovulación Prolongado intervalo destete-estro Repite los colos Pobre condición corporal	Estimular la insulina: cromo Estimular LH/FSH Dieta y prácticas alimenticias
Pobre fertilidad en general y rendimiento reproductivo	Persistente bajo tamaño de la camada Pobre calidad de los lechones Fertilidad del verraco Estrés durante la monta y la gestación	Dieta y prácticas alimenticias Técnicas do servicio
Cojeras/ problemas de patas	Artritis/infecciones articulares Osteocondrosis Estrés Deficiencia nutricional Altos requerimientos de vitaminas y minerales	Tratar la infección Alimentación y manejo de la cerda joven Superficies de los pisos suplementación mineral/vitamínica Nutrición y manejo en general
Aumento del nivel de enfermedades	Estatus inmunológico reducido Pobres condiciones de alojamiento Mejorar el estatus inmunológico: Bio- Mos	Examinar el programa sanitario Mejorar el ambiente
Prolapso Rectal/Vaginal	Micotoxinas Pisos de mala calidad Marranas viejas Marranas muy gordas excesivas producción de gas	Absorbentes de micotoxinas Corregir la condición corporal Controlar y mejorar el diseño de los pisos Nivel de fibra en la dieta Programa de vacunaciones
Enfermedades Urogenitales	Varias infecciones	Examinar el programa de salud

	Diseño de pisos Mejorar el diseño de pisos	Tratar las infecciones
Pobre capacidad lechera	Fallas en la bajada de la leche Pobres producción de leche MMA Baja prolactina/oxitocina Micotoxinas Marranas muy gordas Marranas muy viejas	Oxitocina Tratar la enfermedad/ antibióticos Ligante de micotoxinas Controlar el aporte de agua/tasa de flujo Alimentación suplementaria Corregir condición corporal Mejorar la estructura de la pira
Pobre conformación de condición corporal	Nutrición inapropiada Pobre alojamiento Ulceraciones en el cuerpo	Dietas y manejo de la alimentación Mejorar el alojamiento Mejorar el diseño de pisos
Tasa de pariciones reducida	(Ver tabla 3.12.3 sobre tasa de pariciones)	
Inapropiadas metas de desecho	Pobres registro de la pira Razones para los desechos no claras	Mejor registro y uso de sistemas Revisar las prácticas de manejo
Bajo tamaño de la camada	Pobre ovulación y fertilización Alta mortalidad embrionaria Estrés: estrés calórico Efectos del verraco Fertilidad el verraco	Nutrición al servicio y gestación temprana Alojamiento y medio ambiente Re-ubicación/traslado de marrana Técnicas de servicio
Tamaño y pesos variables de los lechones	Alimentación y manejo inapropiados Enfermedad e infección Variable condición de la marrana	Controlar las dietas y estrategias alimenticias Revisar los planes de salud y vacunaciones controlar la condición de la marrana
Capacidad maternal (pobre)	Deficiencias nutricionales Lechones no pueden mamar Excitación y estrés: umbral bajo Ahorrando lechones: pobre supervisión Muchas cerdas jóvenes en el rebaño	Servicio de la marrana Mejorar el plantel revisa los minerales/vitaminas en la dieta Mejor supervisión Mejorar la estructura de la pira
Muerte de marranas: meta < 5%	Marrana viejas Infección Pobre condición corporal Torsión intestinal Lechones muertos Problemas locomotores	Tratar las infecciones-eliminar cerdos enfermos Revisar el programa sanitario Mejorar la estructura de la pira Controlar la condición corporal Controlar las dietas (Vitaminas/minerales y fibra) Controlar la disponibilidad/calidad de agua de bebida

2.12.3 Factores que afectan la tasa de pariciones

Problema	Causa	Consideración
Fallos en de concepción Fallas de detección del estro en animales no en celo	No-ovulación Pobre técnica de monta Pobre manejo Pobre contacto en el verraco	Estimulas la LH/FSH Estimular la insulina: cromo Dieta y alimentación Mejor entrenamiento y manejo Revisar el manejo del verraco

Retorno al estro	Falla en mantener la gestación	Mayor supervivencia embrionaria Controlar minerales/vitaminas en la dieta
Aborto	Micotoxinas Estrés Infección	Adsorbentes de Micotoxina Mejor alojamiento/manejo Vacunaciones y mejor cuidado sanitario Reducir el estrés
Alteraciones reproductivas	Parvovirus, etc. Enfermedades urogenitales: Cistitis, vaginitis	Vacunaciones Tratamiento por asesoría veterinaria Mejor diseño de pisos y corrales
Pobre salud	Bajo estado inmunológico	Aumento de la inmunidad: Bio-Mos Vacunaciones Dieta: controlar minerales/vitaminas
Estrés pos servicio: abortos	Reubicación Pobre alojamiento	Mejor cuidado del animal y del medio ambiente Mejor manejo/alojamiento animal
Muerte de las marranas	Varios	Mejor manejo, alojamiento y cuidado sanitario
Infertilidad estacional	Efectos estacionales	Mejor control ambiental: temperatura, luz, corrientes de vientos, radiación Revisar las dietas y manejo
Pobre condición corporal Excesivos desechos	Inapropiada nutrición Cojeras Problemas de patas Estresante ambientales	Mejorar dietas y estrategia alimenticia Aumentar el aporte mineral Mejorar el control ambiental Mejorar diseño de pisos y corrales
Pobre tasa de fertilización	Por calidad de semen Pobre monta/ técnica de IA Excesivo uso de verracos Pobre condición de verracos Pobres condiciones ambientales	Mejorar el manejo de verracos Mejorar el manejo de operadores Revisar las prácticas de monta Evaluar las condiciones de alojamiento

2.12.4 Factores que afectan el intervalo entre destete- servicio y camadas por marranas por año

Problema	Causa	Consideración
Longitud de la lactación	Corta o larga	Depende del sistema de manejo
Fallas en la concepción	Baja tasa de ovulación/fertilización Marranas en anestro	Estimular la LH/FSH Estimular la insulina: cromo Dieta y prácticas de alimentación: lactación pos destete
Frecuentes retornos al celo	Pobre técnica de monta Inadecuada detección de celos	Técnica de servicio o monta Manejo y alojamiento pos monta Camadas grandes: ofrecer alimento adicional a los lechones Operarios

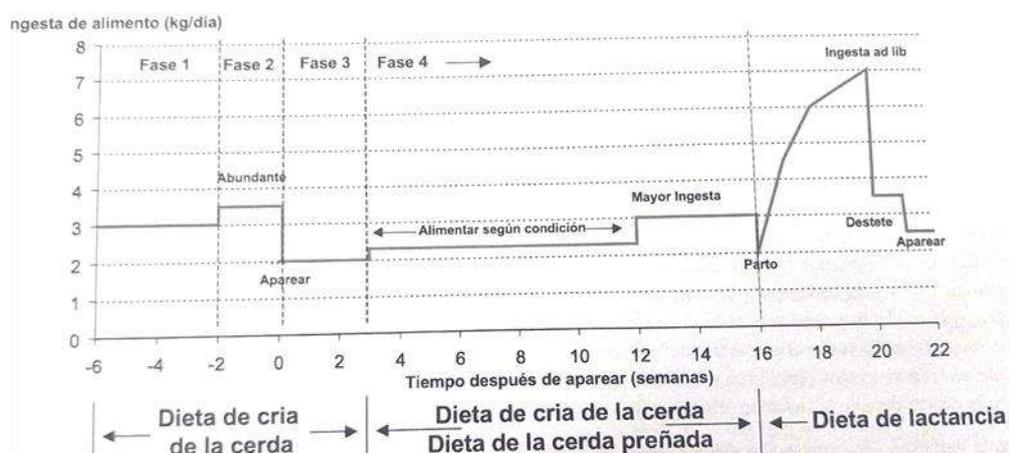
Pobre tasa de fertilización	Problemas de verracos Pobre calidad de monta Pobre/ excesiva condición corporal	Controle la calidad del semen Manejo/dieta del verraco Operadores Técnicas de monta y servicio Dieta y manejo de la alimentación de la marrana Condición corporal adecuada
Preñez no sostenida	Estrés Alta mortalidad embrionaria	Controlar las practicas de manejo y alimentación Controlar adecuado aporte de vitaminas/minerales Operadores
Desordenes reproductivos	Varios	Vacunaciones Tratamiento por asesoría veterinaria Mejor diseño de pisos y corrales
Inapropiada condición corporal	Muy gordo/ demasiado flaco Condiciones ambientales	Controlar la lista de estrategias alimenticias Controlar condiciones ambientales: temperatura, velocidad del viento, etc.
Estado de catabolismo	Tamaño de camada grande Bajo consumo de alimento en lactación o pos destete Pobre medio ambiente	Nutrición en lactación/pos destete Aumentar el consumo de alimento/dieta espec. Destete dividido Cruzar madres y crías Alimentación suplementaria para lechones Controlar condiciones ambientales: temperatura, velocidad del viento, etc.
Rechazo de alimento/bajo consumo de alimento	Alimento con hongos/micotoxinas	Controlar depósitos de alimento: alimentos depositados en la granja
Estructura de la piara desbalanceada	Alta proporción de primero partos y marranas viejas	Controlar detalles del parto estructura de la piara/ registros
Estro en lactación	Marranas en celo durante lactación Bajo tamaño de camada	Aumento del tamaño de la camada al nacimiento: cruzar madres y crías Controlar por celos en lactación
Seasonal/environmental effects	Baja luz/ temperatura Baja intensidad de luz Tipo de pisos Sequías	Revisar condiciones alojamiento y ambientales Revisar las dietas y prácticas alimenticias Prácticas de alimentación de verano
Pobre salud/ enfermedad	Infección Pobre estado inmunitario	Vacunación Antibióticos:Asistencia veterinaria Aumento de la inmunidad: Bio-Mos Controle la suplementación mineral/vitamínica
Parásitos	Sarna Lombrices, etc.	Programa de control parasitario

2.12.5 Días vacíos no productivos

Existen diferentes definiciones para los días no productivos:

- Eso incluye todos los días cuando las cerdas jóvenes y marranas no están preñadas o lactando.
- Lo anterior (a) más un período de 5 días (mínimo) es permitido al animal para entrar en estro y ser servido.

El número de días no productivos o vacíos, junto con la longitud de la lactación y el intervalo destete-estro, tiene un cargo sobre la tasa de pariciones y el número de camadas por marranas por año:



2.12.5.1 Costo por día vacío

Los días vacíos son costosos y el costo en términos de pérdida de producción pueden ser calculados como sigue:

Cálculos de costos por días vacíos							
No. vacíos/partos*	De días	0	10	20	30	40	50
Camadas/marrana/año		2,57	2,40	2,25	2,12	2,01	1,90
Lechones criados/marrana/año		25,7	24,0	22,5	21,2	20,1	19,0
Reducción en lechones destetados	-		1,7	3,2	4,5	5,6	6,7
Valor de los lechones (AUD)	2	-	93	176	247	308	368
Días vacíos/marrana/año	-		24	45	64	80	95
Penalización por día vacío (AUD)	-		3,9	3,9	3,9	3,9	3,9

El potencial perdido por rebaños de marranas de diferente tamaño para 10 o 50 días vacíos es como sigue (pérdida AUD):

Tamaño de la piara de marranas:

250	23,400	92,625
500	46,800	185,250
1000	93,600	370,500

Elaborado por: 27 El Autor (2023)

*asumiendo un parto de 142 días: 114 d gestación + 21 día lactación + 7 d destete- servicio

1 asumiendo 10 lechones criados/camada

2 valor del lechón = AUD 55

Entonces cada día vacío equivale a la pérdida de ganancia de AUD 3,9

Esto demuestra la importancia de reducir el número de días vacíos para aumentar la productividad e incrementar la rentabilidad

2.12.6 Factores que afectan el tamaño de la camada: total de nacimientos

Problema	Causa	Consideración
Pobre estro/tasa de ovulación	Monta muy tardía en el ciclo Animales en estro >7 días Pobre nutrición pre-servicio Pobre/excesiva condición corporal Mínimo contacto con el verraco	Revisar los procedimientos de monta y programas Revisar las estrategias de dietas y alimentación Correcta condición corporal Mejor estimulación del verraco Revisar las prácticas de manejo Revisar el uso del verraco
Baja tasa de fertilización	Mínimo contacto con el verraco nimeral/vitamínico Sobre uso del verraco Pobre calidad espermática Pobre monta/ técnica de IA Servicio muy temprano / muy tarde en el ciclo Excesiva alimentación pos-servicio Mezclado demasiado rápido después de la monta (<2d)	Proveer al verraco un suplemento
Pobre supervivencia embrionaria	Enfermedades reproductivas (PRRS etc.) Infección Estrés en la preñez temprana Infertilidad estacional Estrés calórico Pobre iluminación Bajo contenido de minerales/vitaminas en la dieta	Apropiado programa de vacunaciones Mejor manejo/personal encargado Reducir el estrés ambiental: temperatura, etc. Mejor iluminación y ventilación Controlar las estrategias de dietas y alimentación Contenido de vitaminas/ minerales de la dieta Disponibilidad de minerales Revisar el movimiento/mezclado de las marranas
La marrana no acepta el macho	Fallas en sostener la gestación	Revisar la estrategia alimenticia

Bajo tamaño de la camada	Consumo de alimento demasiado elevado en la gestación temprana: mortalidad embrionaria Estro de pubertad Pobre tasa de fertilización	antes/después del servicio Suministras a la cerda joven una dieta de levante Servirla al 2do o 3er estro Inadecuada estimulación de la cerda joven Inadecuada edad/peso/condición a la monta Revisar el manejo/mezclado de los animales Controlar el tamaño de verraco/calidad espermática
Absorción/resorción de fetos	Micotoxinas/ Alimento con hongos Estrés en la gestación temprana de animales en la gestación temprana	Adsorbentes de micotoxinas Revisar movimiento de la piara y mezclado
Agentes infecciosos/parásitos	Bajo estatus inmunológico Parvovirus etc. Parásitos cutáneos etc.	Programa de vacunaciones Control parasitario Aumentar la inmunidad: Bio-Mos Revisar la dieta y estrategia alimenticia Revisar los controles ambientales Revisar la suplementación mineral/vitamínica
Infecciones bacterianas, cistitis, hepatitis, etc.	Bacteria: corine / coliformes etc. Bajo estatus inmunológico Pobre alojamiento/ambiente Pobre diseño de jaula/ del piso Corrales muy pequeños: amontonamiento de excretas.	Tratamiento: consejos veterinarios (antibióticos) Revisar las medicaciones de marranas Controlar aporte de agua/tasa de flujo Controlar diseño de pisos y corrales Controlar condiciones ambientales
Pobre libido del verraco	Verraco muy joven/viejo Problemas de patas Excesivo uso Pobre alojamiento, alimentación, manejo	Revisar la política de uso de verracos Revisar la política de servicios Nutrición del verraco
Estructura desbalanceada de la piara	Alta proporción de primerizas y marranas viejas	Depende del sistema de manejo Controlar detalles de pariciones Usar sistemas de registros Dietas/minerales para cerdas/marranas jóvenes

2.12.7 Factores que afectan el tamaño de la camada: lechones nacidos vivos y mortinatos

* (ver también tabla 3.12.6 sobre el tamaño de la camada y el total de nacimientos)

Tabla 3.12.6 sobre el tamaño de la camada y el total de nacimientos

Problema	Causa	Consideración
Alto número de mortinatos	Parto prolongado	Supervisar el parto
Alto número de cerdos momificados	Largo intervalo entre el nacimiento de lechones	Intervención temprana
Estrés al parto	Baja viabilidad de los lechones	Controlar niveles de min/vit, esp. Fe, Se, Ca, Zn and Vit A, E, etc.
Marranas anémicas	Inercia uterina	Corregir la estructura de la piara
Lechones hipocalcémicos	Pobre integridad muscular/tono muscular	Corregir la condición corporal
	Falta de ejercicio	Dietas apropiadas/estrategia alimenticia en la gestación tardía
	Envejecimiento de las marranas (viejas)	Control para enfermedades
	Marranas muy gordas	Diseño de corrales paritorios y pisos

	Marranas muy estresadas: altas pariciones, pariciones prolongadas Baja reserva de hierro en lechones Hipoglicemia en lechones Camadas numerosas Gases nocivos	Control de alojamiento y ambiental: temperatura, luz de día, intensidad de iluminación, etc. Uso de lámparas de calor en el tren posterior de la marrana.
Infección/ enfermedad	Varios: Smedi, Parvovirus, PRRS, etc.	Programa de salud adecuado

Elaborado por: 28 El Autor (2023)

*lechones mortinatos:

Muchos lechones son clasificados como motrinatos pero ellos han muerto relamente durante o justo después del parto. Por esto es esencial conocer cuando murieron exactamente los lechones:

Pre-parto: antes del nacimiento

Intra-parto: durante el parto

Post-parto: después del nacimiento

Si los pulmones estás rosados y flotan cuando son sumergidos en agua, entonces el lechón murió después del parto.

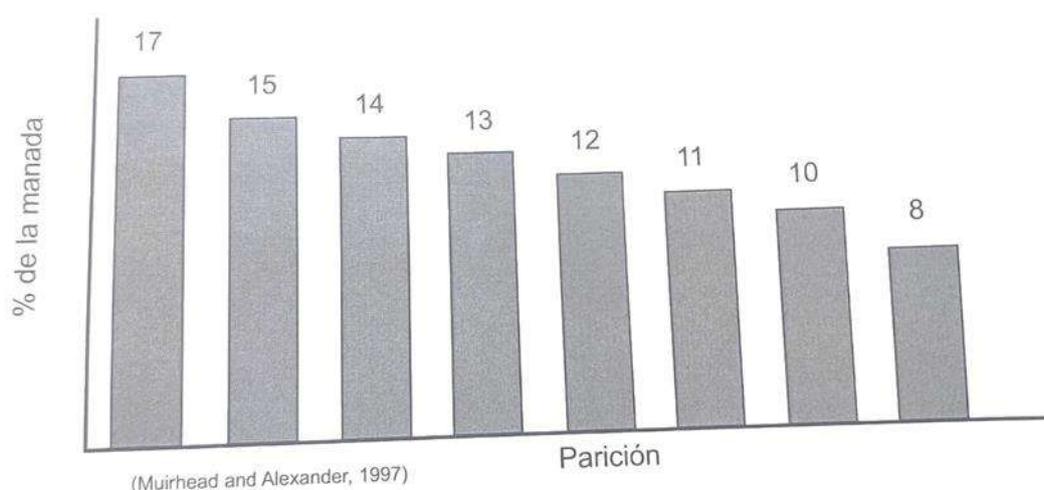
2.12.8 Factores que afectan la mortalidad predestete (también factores que afectan la producción de leche)

Problema	Causa	Consideración
Bajo peso al nacer Pobre viabilidad de los lechones Lechones con las patas abiertas Anormalidades congénitas Baja glucosa en sangre al nacer Lechones anémicos	Camada demasiado grande Demasiadas marranas jóvenes/viejas Pobre nutrición Inadecuado aporte de minerales/vitaminas Bajo estado inmunológico Pobre manejo/ alojamiento	Cruzar madres y crías: nodrizas Repartir el mamado Proveer calostro a los lechones Nutrición en la gestación tardía Controlar consumo mineral/vitamínico Supervisar las pariciones Corregir la distribución de los partos Potenciar la inmunidad: Bio-Mos Revisar las vacunaciones
La marrana no permite mamar a los lechones No/ pobre acceso a los pezones Inanición de los lechones Pobre composición del calostro/leche	Edema de la ubre MMA Infección uterina No producción/poco calostro/leche Contaminación de la ubre Marranas anoréxicas Excesiva alimentación de marranas Problemas durante el parto	Controlar la salud de las marranas Controlar las membranas fetales Revisar políticas de sanidad Revisar clasificación de la condición Controlar por micotoxinas Mejorar la higiene Limpiar pisos y paritorios Diseño de corrales/paritorios Revisar estrategia alimenticia

	Escasez de agua Falta de forraje/constipación Falta de ejercicio Marranas demasiado gordas	Suministrar oxitocina Supervisar el parto Controlar aporte de agua/tasa de flujo Ofrecer alimento adicional a los lechones
Canalización de lechones	Estrés Miedo Raza	Revisar las políticas de cruzamientos Mejorar operadores Mejorar el manejo Alojamiento y acomodo
Aplastado de lechones Enfriamiento de lechones	Paritorios muy pequeños Marranas demasiado grandes Lechones débiles Pobre ambiente/alojamiento	Diseño de la sala de parto Diseño de corrales/pisos Proveer lámparas de calor durante el parto Proveer un área calentada a los lechones Nutrición en la gestación tardía Suplementación de calostro para los lechones.
Infección/ enfermedad de la marran y el lechón	Varios Inmunidad reducida	Mejorar la higiene Revisar el programa de salud Aumentar la inmunidad: Bio-Mos

2.12.9 Factores que afectan los partos de la marrana al desecho

El rebaño necesita estar balanceado en términos de distribución de número de partos. Demasiadas marranas jóvenes o muy viejas reducirán la eficiencia de la producción. Las marranas más productivas son aquellas entre los 3-6 partos y esas deberían constituir por lo menos el 50% de la piara. La distribución de los partos debería ser.



Los principales factores que influyen los partos de la marrana al desecho son:

- **Rendimiento reproductivo**

- *Edad de la piara*
- *Tamaño de la camada grande: lechones pequeños, débiles y de baja viabilidad*
- *Elevado número de mortinatos*
- *Marranas demasiado gordas*
- *Muerte de las marranas*
- *Cojeras/ problemas de patas*
- *Viejas*
- *Infecciones*

2.13 INFERTILIDAD ESTACIONAL

La infertilidad estacional, también conocida como infertilidad del verano, es un importante problema que enfrenta la industria porcina en todo el mundo. Se caracteriza por una reducción en el rendimiento reproductivo a finales del verano, los efectos del cual pueden ser apreciados en la granja porcina durante todo el resto del año. Mientras se han efectuado investigaciones para identificar la causa de la infertilidad estacional, el problema todavía existe en muchas granjas. Debido que se combinan varios factores para influir sobre la eficiencia reproductiva en esta época del año, los efectos varían, dando por resultado que algunas granjas tienen mayores problemas que otras. En Australia y Nueva Zelanda el problema ocurre más comúnmente a mediados del verano hasta principios del otoño (enero a abril), por consiguiente, es más adecuado referirse a esto como infertilidad estacional en lugar de infertilidad del verano.

La infertilidad estacional tiene muchos efectos, pero esos incluyen:

- Una interrupción del normal flujo de cerdos durante todo el año, haciendo por lo tanto difícil para las procesadoras planificar y mantener el aporte de productos.
- Los inventarios de los criadores estarán desabastecidos si el número de marranas en etapa de parto está por debajo de la meta.
- Hay sobrepoblación en el rebaño de crecimiento si las hembras extra esperan ser trasladadas y más marranas de las esperadas deben ser cubiertas.
- Un desafío para la administración y personal que puede afectar la confianza del plantel.
- La necesidad de mayor disponibilidad de verracos para cubrir el número aumentado de marranas que deben ser atendidas.
- Reducción del flujo de caja.

¿Cuál es el problema, y cuáles son esos signos delatores?

La infertilidad estacional no se manifiesta por una sola respuesta específica, pero por un número de características del comportamiento de las marranas, los verracos y el lechón. Obsérvense los siguientes signos delatores:

- Reducida tasa de pariciones: puede ser 50% en lugar de la esperada de 85-90%.
- Gran aumento en el número de marranas que no entran en estro después del destete.
- Un aumento del número de marranas que retornan en celo después de una monta normal.
- Un alargamiento del intervalo entre el destete y la siguiente monta.
- Marranas que no muestran un periodo de celo fuerte; las marranas jóvenes están más afectadas que las viejas.
- Un notable aumento en el número de marranas que abortan, a menudo no detectadas.
- Reducida tasa de concepción y reducido tamaño de la camada.
- Tiempo de parto prolongado (monta - monta).
- Marranas estresadas al parto: Jadeando fuertemente.
- Mayor incidencia de muertes de marranas al parto
- Mayor tasa de mortinatos y fetos momificados y mayor mortalidad de lechones.
- Pubertad y tiempo del primer estro retrasados en las cerdas jóvenes.
- Los verracos se vuelven letárgicos, muestran reducida libido y poco deseo sexual.
- Animales ligeramente más estresados y agresivos, especialmente cuando son mantenidos en grupos.
- Cambios en el comportamiento.

El efecto global es una reducción muy significativa en el subsiguiente despacho de cerdos en el periodo de crecimiento y engorde. Al presente, muchos productores aumentan las montas para compensar por esta reducción bien sea introduciendo cerdas jóvenes extra del rebaño reproductor o retrasando la salida de las marranas viejas destinadas al desecho.

2.13.1.1 Factores causantes de la infertilidad estacional: foto periodo y temperatura

Los dos factores más comúnmente atribuidos a la causa de la infertilidad estacional son el fotoperiodo y la temperatura. El fotoperiodo o longitud del día, ha demostrado influir sobre el intervalo del destete a estro. Estos son, a medida que aumenta la longitud del día, también lo

hace el intervalo entre destete y estro. Sin embargo, las altas temperaturas ambientales probablemente tienen una importancia mayor y negativa que el impacto de la longitud del día.

2.13.1.2 Temperatura Ambiental

Los cerdos son particularmente sensibles a la temperatura ambiental, y la infertilidad estacional podría ser un efecto combinado de las altas temperaturas sobre el verraco y la marrana.

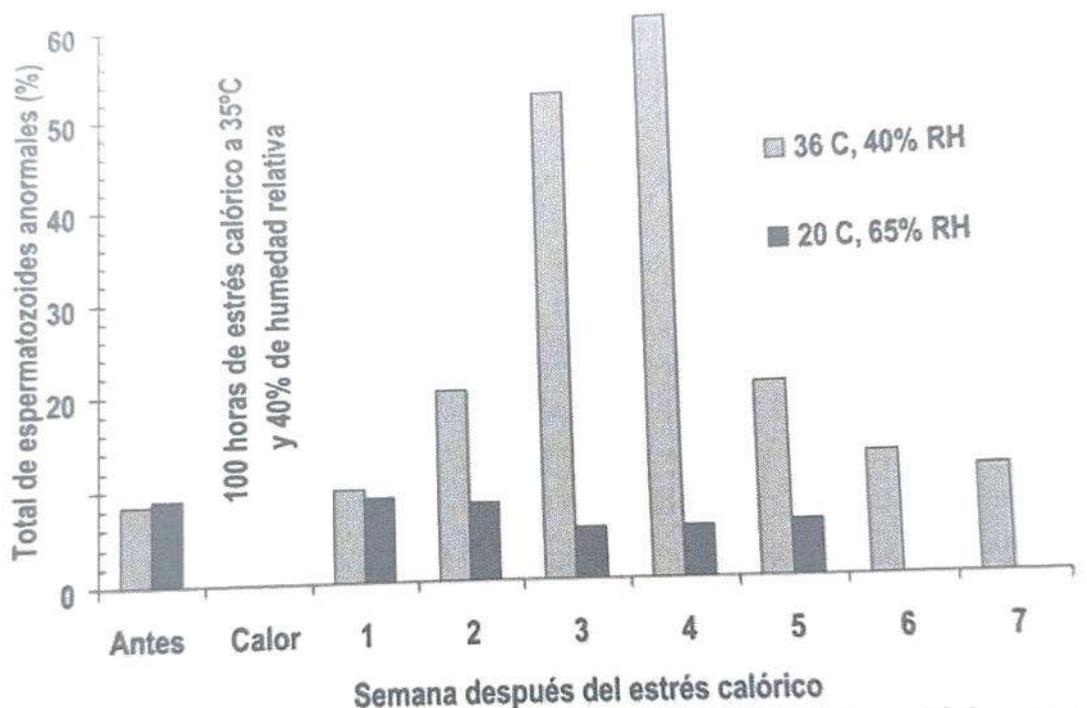
2.13.1.3 Verracos

Los verracos cometidos al estrés muestran una marcada declinación en la calidad del semen. En un estudio Australiano realizado por Stone (1981), la temperatura ambiental fue aumentada de 20 a 40°C, incrementando 1 °C por día durante 20 días. La tasa respiratoria fue aumentada por encima del nivel normal cuando la temperatura alcanza los 33°C, la temperatura escrotal fue significativamente mayor (3°C de aumento). La motilidad espermática disminuyó ligeramente cuando la temperatura del aire alcanzó 30°C, pero fue reducida significativamente a los 32°C. La infertilidad de los verracos usados en este estudio demostró estar deprimida durante las cinco semanas después del periodo de estrés, indicando el efecto extendido aun por un pequeño aumento en la temperatura ambiental por encima de 30°C.

Mientras en el estudio australiano los verracos fueron mantenidos a temperaturas constante, en otros estudios los verracos fueron sometidos a fluctuaciones diurnas de la temperatura (temperatura promedio en el rango de 22 a 38°C). Aun hubo un aumento en el porcentaje de células espermáticas anormales y la declinación en el número de espermatozoides del eyaculado.

Los verracos sujetos a un corto periodo de estrés calórico pueden recuperarse después relativamente rápidamente y ser capaces de montar las marranas, pero toma por lo menos seis semanas antes de que la calidad espermática retorne al normal. La Figura 3.13.1 demuestra el impacto demorado del estrés calórico sobre la calidad del semen (ver también la Figura 4.3.1). Por lo tanto, los verracos sometidos a altas temperaturas por periodos durante Enero a Marzo pueden tener semen de pobre calidad durante ese periodo hasta Mayo, contribuyendo así a las bajas tasas de fertilización, a menudo registradas como infertilidad estacional. Cuando las cerdas jóvenes fueron inseminadas con semen de verracos estresados por calor o verracos control, la tasa de preñez a los 30 días fue menor para las cerdas inseminadas con semen estresado por calor (29% vs 41%) y la supervivencia embrionaria fue menor (71 vs 48%) ((Wettemann & Bazer, 1985); 1979; ver también la Tabla 4.3.1).

Figura: 5 Figura 3.13.1 Total espermatozoides anormales antes y después del estrés calórico en verracos maduros (Larsen, 1979)



Por consiguiente, es esencial que los verracos sean mantenidos frescos, idealmente por debajo de 30°C. Esto puede ser logrado por una combinación de atomización refrescante y ventilación. Algunos productores han instalado sistemas evaporadores refrescantes en las áreas de monta para superar el problema asociado con las altas temperaturas del verano.

2.13.1.3.1 Marranas

Los dos principales periodos de cuidado con la marrana son su comportamiento durante la lactación y el periodo pos destete. Las altas temperaturas ambientales han demostrado en numerosos estudios que reducen el consumo de alimento de las marranas durante la lactación. La consecuencia de esto es que deben movilizar las reservas corporales en un intento de mantener la producción de leche, pero, si pierden demasiado peso durante la lactación, entonces el retomo al estro después del destete estará demorado. Por ejemplo, cuando las marranas lactantes fueron mantenidas a 20 o 29 °C durante 28 días de lactación, en altas temperaturas ambientales perdieron dos veces más peso corporal y la producción láctea disminuyó en 30% (Tabla 3.13.1). Aun cuando los lechones consumieron más alimento preiniciador, esto fue insuficiente para mantener la tasa de crecimiento, con el resultado de que su peso al destete fue reducido en 2 kg (28 días). Esto por supuesto tendrá un efecto significativo sobre la tasa de crecimiento subsiguiente hasta el rastro.

Manteniendo la temperatura ambiental en el paritorio o debajo de 22°C y ofreciendo a los lechones un área calentada para moverse puede alcanzarse aun en los ambientes más cálidos.

El mejoramiento en el rendimiento pagará rápidamente por el aumento del costo del alojamiento.

Algunas sugerencias prácticas para aumentar el apetito en la lactación han sido presentadas anteriormente en la Tabla 3.3.3.

Tabla 3.13.1. Efecto de la temperatura sobre el comportamiento de la marrana

	Temperatura ambiental (°C)	
	20	29
Pérdida de peso de las marranas, kg	16	34
Producción de leche, kg/d	10,4	7,4
Tasa de crecimiento de los lechones, g/d	254	182
Peso al destete, kg	9,5	7,5
No. De amamantadas por día	34	39
Consumo de alimento preiniciador, g/lechón	25	44

Elaborado por: 29 El Autor (2023) en referencia lo presentado por (Renaudeau et al., 2001)

Como fue discutido en las secciones 3.7 y 3.12.6, es importante minimizar el estrés durante las tres primeras semanas pos servicio para asegurar que se mantenga la preñez. El efecto del estrés calórico en las dos primeras semanas pos servicio ha sido estudiado por Omtvedt y col. (1971). Un período de estrés calórico (40°C) por dos horas al día durante los primeros 12 días pos servicio aumentaron la mortalidad embrionaria de 35 a 63%. En un segundo estudio, un período sostenido de estrés calórico (38°C por 17 horas diarias, y 32°C para el resto de 7 horas versus 23°C para 24 hrs.) durante los primeros 8 días pos servicio causaron una declinación en el número de cerdas jóvenes preñadas al día 30 (57 vs 100%) y una reducción en el número de embriones viables (11.4 vs 13.0). Tanto la tasa de concepción como de supervivencia embrionaria han sido reducidas.

El efecto, sin embargo, no está solamente limitado a la gestación temprana. La exposición a altas temperaturas en la gestación avanzada (día 102 al día 110) también da lugar a una parición deficiente en comparación con las cerdas jóvenes mantenidas en ambientes frescos (Tabla 3.13.2).

Tabla 3.13.2 El efecto del estrés calórico (días 102-110 de gestación) sobre el comportamiento en el parto de cerdas jóvenes.

	Estresadas por calor	Control
No. De lechones vivos/camada		
Vivos	6,0	10,4
Muertos	5,2	0,4

Peso del lechón al nacimiento (kg)	1,02	1,4
------------------------------------	------	-----

Elaborado por: 30 El Autor (2023) basado en el trabajo de Omtvedt et al (1971)

Otra consecuencia de las altas temperaturas ambientales es que la agresión entre marranas alojadas en grupo puede aumentar a medida que las marranas intentan mantenerse frescas, y los mayores niveles de estrés podrían también tener un impacto sobre el rendimiento productivo. También puede haber un aumento de muertes de marranas durante el parto.

Puede por consiguiente concluirse que las temperaturas comúnmente experimentadas en piaras durante el verano pueden ser suficientes, aun sison por cortos periodos de duración, de afectar la calidad y/o la capacidad de la marrana de sostener la gestación. El estrés calórico severo puede también demorar la aparición de la pubertad en las cerdas jóvenes por varios días.

2.13.1.3.2 Inseminación artificial y calidad del semen

La mayoría de los productores confían en alguna forma en la inseminación artificial además de la monta natural. Mientras la mayoría de las estaciones de reproducción mantendrían un buen control ambiental para mantener a los verracos frescos durante el verano, el transporte del semen puede ser un problema en algunas áreas. Las demoras en el despacho podrían significar que el semen es retenido por encima de la temperatura recomendada, causando esto una disminución en la calidad y por consiguiente en el rendimiento reproductivo.

2.13.1.3.3 Longitud del día

En la naturaleza, la reproducción es claramente estacional con el principal periodo de reproducción durante el otoño. Los lechones nacen en primavera cuando hay abundancia de alimento y las oportunidades de supervivencia son óptimas. La luz es el principal factor externo que controla la reproducción por intermedio de la hormona mensajera melatonina. Esta es segregada por la glándula pineal, y es sensible a la luz. Aumentando la luz o la longitud del día se inhibe la actividad de la glándula pineal, mientras que reduciendo la longitud del día se estimula. Por consiguiente, el aumento de la longitud del día será un factor responsable de la reducción de la fertilidad a menudo observado durante el verano. El patrón hormonal de marranas y verracos es diferente cuando están sujetos a días cortos comparados con días largos, Ciertamente, la provisión de melatonina, por vía oral o por implantes es importante, y ha sido utilizada como mecanismo para eliminar los cambios estacionales en el patrón diurno de melatonina y por consiguiente las variaciones estacionales en la reproducción.

Estudios en Australia sugieren que puede existir una relación entre los niveles de melatonina y la fertilidad estacional y que esto puede ser inducido nutricionalmente. Los niveles de melatonina en plasma en cerdas prepúberes estuvo elevado ante la restricción alimenticia en

días artificialmente largos, pero no en los cortos. Por consiguiente, fue realizado un experimento donde grupos de marranas fueron alimentados en forma restringida o a voluntad durante las primeras cuatro semanas de gestación y luego en forma similar en adelante y su período subsiguiente fue registrado. Esas marranas alimentadas a voluntad en la gestación temprana durante el verano tuvieron tasas significativamente superiores de gestaciones que las alimentadas en forma restringida (Tabla 3.13.3). Entonces, aumentando el nivel de alimentación en la gestación temprana puede ofrecer una estrategia simple para superar la reducción en la fertilidad que ocurre durante el verano.

Tabla 3.13.3. Efecto del régimen alimenticio en la gestación temprana sobre el 5 de las tasas de preñez en marranas.

Semana del año	Grupo restringido	Grupo Ad-lib	Sig
7	56,1	86,0	**
9	43,2	78,3	***
10	63,0	67,4	ns
11	63,0	87,0	***
Overall	56,5	79,8	***

Elaborado por: 31 El Autor (2023)

2.13.1.3.4 Manejo

El personal que trabaja en el área de monta puede tener un gran impacto sobre el éxito de las montas, bien sean naturales o por inseminación artificial. Estudios realizados por (Mosquera Bayona et al., 2022) demostraron la influencia del personal sobre la tasa de pariciones, cerdos nacidos y cerdos nacidos vivos. La diferencia en el total de cerdos nacidos vivos entre los mejores y peores miembros del personal cuando se utilizó la monta natural fue de aproximadamente 500 cerdos o del 26% (Tabla 1.13.4), mientras que cuando se utilizó la inseminación artificial la diferencia fue aún mayor (1.000 cerdos o el 55%) (Tabla 1.13.5).

Tabla 3.13.4. Influencia del personal que supervisa las montas naturales sobre la tasa de pariciones y tamaño de la camada.

Personal	Tasa de pariciones (%)	No. Nacidos vivos	Total, de cerdos
1	87,6	11,0	2400
2	84,7	11,3	2325
3	83,0	10,8	2210
4	78,6	10,3	2000
5	81,2	9,6	1950
6	79,1	9,6	1899

Elaborado por: 32 El Autor (2023) en referencia a (Mosquera Bayona et al., 2022)

Tabla 3.13.5. Influencia del personal que insemina las marranas sobre la tasa de pariciones y tamaño de la camada.

Personal	Tasa de pariciones (%)	No. Nacidos vivos	Total, de cerdos
1	91,3	11,5	2413
2	89,6	11,4	2346
3	86,1	11,7	2310
4	84,6	11,2	2153
5	80,0	10,2	1870
6	75,1	8,0	1377

Elaborado por: 33 El Autor (2023) en referencia a (Mosquera Bayona et al., 2022)

En otro estudio, el personal supervisó la monta de 40 marranas en una sesión de trabajo continuo. Mientras el promedio de pariciones para las primeras 20 marranas montadas fue de 85%, éste declinó a 73% para las segundas 20 marranas montadas, demostrando el efecto de la fatiga del personal durante un largo periodo de trabajo.

Algunos miembros del personal indudablemente son mejores que otros en el manejo de la piara reproductor. Esto puede ser debido a un mayor nivel de experiencia, o mayor dedicación y/o mejor entrenamiento. El verano tardío puede ser un tiempo cuando las condiciones en el servicio son más difíciles y es también cuando a menudo muchos miembros del personal se toman sus vacaciones anuales, reduciendo así la disponibilidad de mano de obra. Todo esto coincide con la temporada del año cuando resulta más difícil cruzar exitosamente a las marranas y maximizar la supervivencia embrionaria. Esto sugeriría que es el momento en el año cuando la operación porcina no puede desprenderse de su mejor personal presente en el galpón de servicios.

2.13.2 Recomendaciones

Ciertamente existen muchos factores que contribuyen con lo que es denominado 'infertilidad estacional, muchos de los cuales pueden tener efecto acumulativo. En lo que concierne a la piara reproductiva, este es el período del año cuando todo debe ser efectuado correctamente a fin de optimizar la tasa de pariciones y la supervivencia embrionaria, y por consiguiente minimizar el impacto sobre la productividad y la rentabilidad.

Los aspectos clave que deben considerarse para minimizar el impacto sobre la infertilidad estacional incluyen:

- Minimizar el estrés calórico de marranas y verracos independientemente de su etapa de producción
- Optimizar el consumo de nutrientes, especialmente de las marranas durante la lactación
- Asegurarse de que la calidad del semen es alta
- Optimizar el manejo de la monta
- Prestar atención al manejo del personal
- Como último recurso, aumentar las montas para compensar

CAPÍTULO 3

3 EL VERRACO

El verraco es comúnmente el animal más ignorado en la unidad porcina a pesar de su importancia para la fertilidad general de la piara. Ciertamente, representa la mitad del potencial reproductivo de cada unidad. Los verracos generalmente son mantenidos en corrales muy pequeños o mal diseñados, o bajo pobres condiciones climáticas y de alojamiento. A menudo la nutrición es inapropiada y los procedimientos sanitarios son ignorados. Como consecuencia, la fertilidad puede estar comprometida y las tasas de reemplazo pueden resultar altas.

Los problemas de los verracos pueden requerir varios meses para manifestarse y a la inversa, las mejoras después de tomarse las medidas adecuadas también pueden requerir tiempo. Por consiguiente, es esencial el mantenimiento de registros buenos, de modo de identificar cuidadosamente el verraco y la causa del problema tan rápidamente como sea posible. Si se utiliza la IA, entonces es importante evaluar la calidad del semen antes de la inseminación. De la misma forma, si es practicada la monta natural, también es importante controlar el bienestar y libido del verraco y su voluntad de montar la marrana.

El verraco a menudo es alimentado con dietas de cerdas gestantes o lactantes, pero sus requerimientos son considerablemente diferentes de los de la marrana. La nutrición tiene una función primordial en el rendimiento reproductivo del macho y las estrategias y dietas adecuadas deben ser diseñadas para permitir al verraco expresar su verdadero potencial reproductor.

3.1 REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA Y AMINOÁCIDOS

3.1.1 El periodo de crecimiento

En épocas tempranas de la vida, el verraco joven es alimentado según su apetito y si se utiliza una dieta de crecimiento adecuada, la estrategia alimenticia difícilmente influenciará el desarrollo sexual, la pubertad y la subsiguiente fertilidad. La pubertad normalmente es alcanzada alrededor de los 5-6 meses de edad, cuando el animal pesa 80-120 kg.

Después de la pubertad la fertilidad es baja, pero aumenta a su máximo a los 15-18 meses de edad cuando el eyaculado contiene 20-100 x 10⁹ espermatozoides en unos 200-400 ml de semen. Cuando se están criando verracos, el objetivo es permitirles el tiempo de alcanzar la pubertad a una tasa normal, en lugar de estimularlos a obtener un desarrollo sexual precoz. Los verracos jóvenes normalmente son entregados a la granja a los 6-7 meses de edad, pesando ~120 kg.

3.1.2 El período de reproducción

La alimentación del verraco joven después de su llegada a la granja resulta a menudo un hecho polémico, pero debe otorgársele consideración al peso vivo del animal, la tasa de crecimiento, nivel de uso y condición corporal, así como a las condiciones ambientales bajo las cuales es mantenido. Por ejemplo, un crecimiento y engorde excesivo puede afectar la capacidad física del verraco para montar y puede exacerbar la debilidad de sus patas al envejecer. La subalimentación, por otra parte, no solo afecta la tasa de crecimiento y condición corporal, pero también la calidad y cantidad de espermatozoides producidos.

Se considera prudente permitir a los verracos alcanzar algo de crecimiento positivo durante su vida útil. Sin embargo, esto debería ser controlado, porque los verracos jóvenes tienen tasas de crecimiento mayores que los animales más viejos. Los verracos modernos han sido criados para tener mayores tasas de crecimiento de tejido magro y por consiguiente pueden tener menor grasa de cobertura. Por lo tanto, sus requerimientos para el control de temperatura son mayores que los de las marranas preñadas. Esto ha sido tomado en consideración para el cálculo de requerimientos de energía, proteína y aminoácidos sugeridos en las Tablas 4.1.1 y 4.1.2

Tabla 4.1.1 Requerimientos de energía del verraco reproductor.

Peso vivo (kg)	100	150	200	250	300	350
Energía (MJ DE/día)	30	32	36	39	41	43
Alimento (kg/día)	* 2,30	2,45	2,75	3,00	3,15	3,30

Elaborado por: 34 El Autor (2023) en referencia a (Mosquera Bayona et al., 2022)

*Basado en una dieta conteniendo 13,0 Mj DE/kg

Los requerimientos de energía aumentan de 30 a 43 MJ DE/día a medida que el peso corporal aumenta de 100 a 350 kg. Si una dieta es suministrada conteniendo 13.0 MJ DE/kg, la cantidad de alimento requerida deberá incrementarse de 2.3 a 3.3 kg/día. En términos de proteína, un consumo proteico de 300 g/día debería ser suficiente con un contenido de proteína cruda de 140 a 150 g/kg. El requerimiento de lisina del verraco es 6-7 g/kg de dieta, que es ligeramente superior que para la dieta de gestación. Sin embargo, si el contenido de energía o de lisina de la dieta es inferior al recomendado, entonces el consumo de alimento debería ser incrementado

por encima de los niveles sugeridos en la Tabla 4.1.1 para alcanzar la ingestión correcta de nutrientes.

Tabla 6 Tabla 4.1.2. Concentración de alimento en la dieta

	Cantidad / día (g)	Cantidad en la dieta (g/kg)
Proteína cruda	300	140-150
Lisina	14	6-7
Metionina + Cistina	8	4
Treonina	10	5
Triptófano	2,5	1,2
Histidina	4,2	2,1
Isoleucina	7,5	3,5
Leucina	12	6,0
Fenilalanina + tirosina	12,5	6,0
Valina	9	4,5
Arginina	-	-

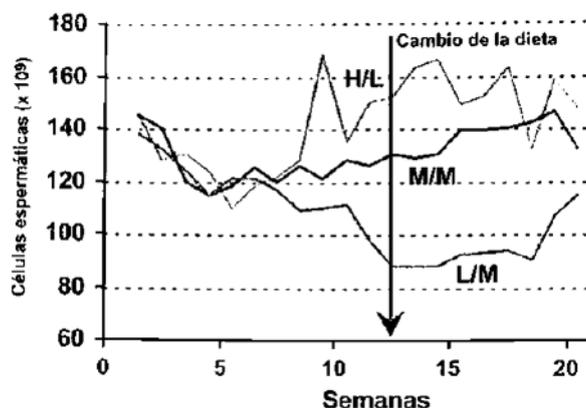
Elaborado por: 35 El Autor (2023)

Debido a que el requerimiento de lisina es conocido, entonces los otros aminoácidos pueden ser calculados, asumiendo que el patrón de requerimiento de aminoácidos es en cierta forma parecido al de la marrana preñada (Tabla 4.1.2.) Si el uso del verraco es extremo, lo que sería 3-4 veces por semana, entonces esos valores deberán ser aumentados. Niveles de lisina inferiores a 5 g/kg reducen la tasa de crecimiento y atrasan la madurez sexual. De la misma forma, niveles de alimentación inferiores a 2.0 kg/día deben ser evitados, porque ha sido demostrado que reducen el número de células

3.2 EFECTOS DE LA ALIMENTACIÓN SOBRE LA PRODUCCIÓN DE SEMEN

La nutrición influye sobre la cantidad y características de semen y por consiguiente el comportamiento del berraco. El proceso de producción de espermatozoides requiere cerca de 6 semanas y las respuestas a la alimentación solo se hace aparentes después de este periodo. Por lo tanto, se necesitan 6 semanas para que cualquiera deficiencia se haga evidente y otras 6 semanas para que regrese a la normalidad después de la intervención corrigiendo la falla. En resumen, la calidad del semen puede encontrarse afectada por un período de 12 semanas. Esto están ilustrado en la Figura 4.2.1, que muestra la ilustración del régimen alimenticio sobre la producción de células espermáticas del verraco el reproductor.

Figura 4.2.1 La influencia del régimen alimenticio sobre la producción de células espermáticas del verraco reproductor (Kemp et al., 1989).



Nivel de alimentación: **L= Bajo, M = Medio, H = Alto**

No es sobre el nivel de alimentación sino la ingestión de nutrientes en la dieta que afecta la producción de espermatozoides. En un estudio reciente de (Louis et al., 1994) fueron investigados los efectos del consumo de diferentes niveles de energía y proteínas sobre las características del semen (Tabla 4.2.2).

Tabla 4.2.2. Efectos del consumo de diferentes niveles de energía y proteínas sobre las características del semen y características del semen de verracos (semanas 8-27 de experimento).

Ingestión de energía, MJ DE/d	33,6	26,6
Ingestión de proteínas, g/día	363	156
Ingestión de lisina, g/día	18,1	18,1
Libido del verraco		
Tiempo para eyacular (s)	145	114
Duración de la eyaculación (s)	417	396
Características del semen		
Volumen del eyaculado, ml	331	295
Producción espermática, x 10 ⁹ /eyaculado	73	66
Motilidad espermática, %	79	79
Fracción gelatinosa, ml/eyaculado	64	60

Cuando el consumo de energía fue reducido, hubo una pequeña reducción en el valor del eyaculado y de la producción espermática en general. Sin embargo, cuando también fue reducido el consumo de proteína, la reducción de los valores del eyaculado y producción espermática fue aún más marcada. Esto subraya la importancia de ofrecer un balance correcto

de energía, proteína y aminoácidos para optimizar la calidad espermática y el rendimiento reproductivo del verraco reproductor. Eso también está ilustrado en la Figura 4.2.1.

3.2.1 Efectos de la temperatura ambiental

El verraco extremadamente sensible al medio ambiente frío y/o caliente. La temperatura baja crítica (TBC) de un verraco alojado individualmente es de 20 °C y si la temperatura cae debajo de este, la energía o el consumo de alimentos deben ser aumentadas aproximadamente en 4% por cada 1 °C, si no se desea que la condición corporal sufra. Por consiguiente, si la temperatura cae de 20 a 15 °C, el consumo de alimento de un verraco de 200 kg debería ser aumentado a 2,75 kg/día a 3,30 kg/día. Sin embargo, dice que suministra cama, entonces el incremento será menor. Las condiciones de frío no influyen en la producción espermática, siempre que se suministra alimento adicional para compensar el aumento del requerimiento.

Por otra parte, en condición de temperaturas altas, el verraco se toma estresado por el calor y la mortalidad y calidad espermática se encuentra reducidas. La fertilidad del verraco está afectada y las tasas de concepción de las marranas cubiertas por esos verracos es significativamente reducida (Tabla 4.3.1.) Las temperaturas superiores a 25 °C deberían por consiguiente evitarse, deberá considerarse el uso de áreas de sombra, humidificadores y enfriadores evaporadores.

Tabla 4.3.1. La fertilidad de verracos con control de temperatura o estresados por calor

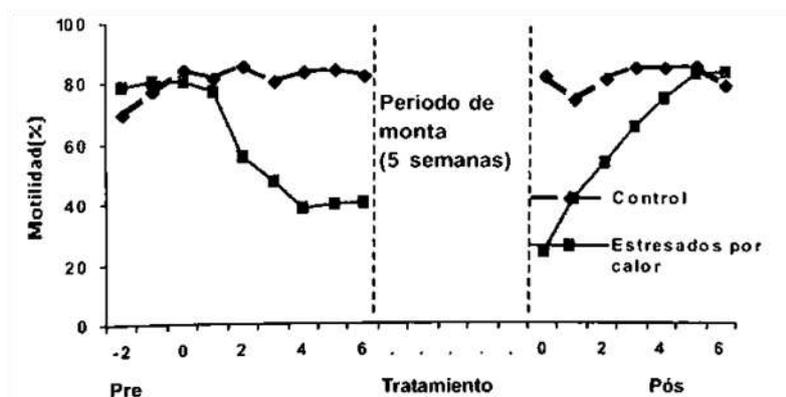
La fertilidad de verracos con control de temperatura o estresados por calor.				
	N.º de verracos	N.º De cerdas	Cerdas preñadas 30 ±3 días después de la monta (%)	Supervivencia embrionaria (%)
Inseminadas artificialmente				
Control	6	88	41	71±4
estresados por calor	6	77	29 e	48±5
monte natural				
Control	6	37	82	82 ±2
estresados por calor	6	40	59	79 ±4

Elaborado por: 36 El Autor (2023) en referencia a (Wettemann & Bazer, 1985)

En forma similar a los efectos sobre la alimentación, se requieren 6 semanas para aparecer los efectos del estrés por calor en el semen del verraco y otras 6 semanas para regresar a la normalidad después de haberse tomado las medidas correctivas (Figura 4.3.1). La exposición a temperaturas altas da lugar a un aumento en la tasa de respiración y temperatura corporal. El

verraco está más estresado y la libido se encuentra reducida. Los verracos también deberían ser mantenidos en corrales bien ventilados con suficiente espacio e iluminación.

Figura 4.3.1 Motilidad de los espermatozoides (%) de verracos estresados por calor y controles, antes. Durante y después de la exposición a temperaturas elevadas ambientales



Elaborado por: 37 El Autor (2023) en referencia a (Wettemann & Bazer, 1985)

3.2.2 Calidad del alimento y fertilidad del Verraco

A menudo de verraco es considerado el ' basurero' de la granja y es alimentado con dietas e ingredientes de desechos no aptas para otras clases de cerdos. Sin embargo, la calidad del alimento tiene un efecto importante sobre la fertilidad del verraco. Los granos dañados por el ambiente o los alimentos con hongos muy posiblemente contienen micotoxina si éstas tienen un gran efecto sobre la fertilidad (Tabla 4.4.1). Van a ser utilizados granos dañados por las condiciones ambientales es imperativo adicionar el alimento absorbente de micotoxinas, cómo Mycosorb, para limitar cualquier efecto perjudicial.

Qué es ampliamente reconocido que la micotoxina raramente se presenta solas, y que adicionalmente existen interacciones sinérgicas entre ellas que reducen aún más el umbral ante el cual aparecen los síntomas de la intoxicación (Capítulo2, Sección2.8.9).

Zearalenona	Pubertad retrasada Tamaño de los testículos reducido Disminución de libido Pobre calidad espermática
Aflatoxina	Edema de prepucio-pérdida del pelo Pobre calidad espermática Baja concentración de espermatozoides Aumento de las anomalías Reducida capacidad de fertilización
Ocratoxina	Inapetencia Úlceras gástricas Pobre calidad espermática
Tricotecenos	Inapetencia

3.2.3 Fibra dietética

El verraco normalmente es alimentado restringidamente y muy por debajo de su consumo voluntario de alimento. Esto puede dar lugar hambre y patrones de comportamiento anormales. El aumento del contenido de fibra de la dieta o rellenado de la ración mejorará el bienestar, disminuirá y él estereotipo de comportamiento y reducirá el hambre en los animales con alimentación de restringida. Por consiguiente, ha sido sugerida la consideración incluir fuentes de fibra soluble o de polisacáridos no almidonosos (NSP) en las dietas de verracos, siempre que esa dieta cumpla con los requerimientos nutricionales.

3.2.4 Lípidos y ácidos grasos

Aunque los lípidos tienen una función importante en el aporte de energía para el animal, ciertos componentes lipídicos específicos de la dieta están involucrados en el proceso de espermatogénesis y otras funciones y por consiguiente en la capacidad de fertilización del semen. El aporte de los ácidos grasos poliinsaturados C20 y C22, y especialmente aquellos que aumentan el consumo dietético de ácido docosahexaenoico (DHA:C22:6) a expensas del ácido decosapentaenoico (DPA: C22:5) por ejemplo de aceites de pescado, han demostrado que aumentan la calidad del semen, la tasa de fertilidad y de concepción (Penny et al., 2000).

3.2.5 Requerimientos de minerales y vitaminas

Los requerimientos minerales para el reproductor se muestran en la Tabla 4.7.1. Esas son ampliamente similares a las de la marrana, pero hay varias que son de relevancia específica para el verraco, las cuales son discutidas a continuación:

Tabla 4.7.1. *Minerales y vitaminas para el verraco reproductor*

**Minerales y vitaminas para el verraco reproductor
(por kg de dieta).**

Minerales	Unidades / Kg dieta
Calcio	7,5 - 9,0 g
Fósforo (total)	6,0 - 7,5 g
Fosforo (disponibles)	3,5 - 4,5 g
Sodio	1, 5 g
Cloro	1,5 g
Sal	3 - 4 g
Potasio	2,5 g

Magnesio	400	mg
Cobre	5	mg
Yodo	0,5	mg
Hierro	100	mg
Manganeso	20	mg
Zinc	100	mg
Cobalto	0,1	mg
Selenio	0,3 - 0,5	mg
Cromo	200	ppb
Vitaminas		
Vitamina A	6,000	UI
Vitamina D 3	500	UI
Vitamina E	50 - 100	UI
Vitamina k	1	mg
Tiamina (B1)	1,5	mg
Riboflavina (B2)	4	mg
Niacina	15	mg
Acido pantoténico	15	mg
Piridoxina (B6)	2,0	mg
Cianocobalamina (B12)	0,020	mg
Biotina*	0,3 – 1,0	mg
Ácido fólico	1,3	mg
Colina	1,5	g
Ácido ascórbico (C)	500	mg/día
Ácidos grasos esenciales		
Ácido linoleico	7	g
Ácido araquidónico	5	g

Elaborado por: 38 El Autor (2023) en referencia a (J. Noblet et al., 2004)

* Niveles mayores para problemas de patas persistentes Tomado de

3.2.5.1 Calcio y Fosforo

Considerando que las lesiones de patas son muy a menudo una afección común en los verracos se recomienda que el nivel de calcio y fósforo y dietéticos deberían ser de 9,5 y 7,5 g/kg para

verracos en desarrollo y de 7.0 y 6.0 g/kg para berracos maduros. La suplementación con enzimas fitasa, como Allzyme SSF, permiten que sea reducidos los niveles de fósforo en la dieta.

3.2.5.2 Zinc

El zinc es esencial para la espermatogénesis. Las células de Leydig en los testículos son responsables por la producción de testosterona. Ante la deficiencia de zinc, las células de Leydig son anormales, con una pérdida de tejido epitelial en los túbulos, seminíferos de los testículos. El zinc también es importante en los tejidos que contienen queratina y es esencial para la salud de las patas y pezuñas. Los problemas de patas y pezuñas a menudo son causas frecuentes de eliminación prematura de los verracos. Es recomendado un requerimiento dietético de 100 mg/kg. Las fuentes de zinc se presentan más efectivas que las fuentes inorgánicas para cubrir las necesidades del animal por su mayor biodisponibilidad.

3.2.5.3 Cromo

Está reconocido que el cromo influye sobre la fertilidad masculina y reduce el estrés.

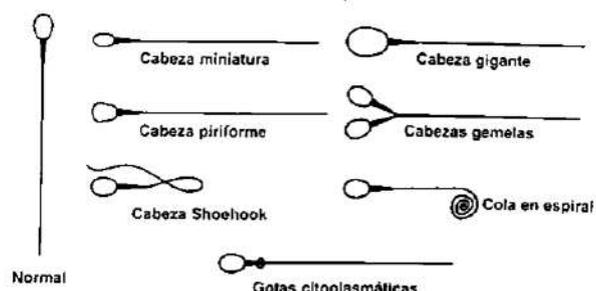
3.2.5.4 Selenio (Se) y vitamina E

Tanto el Se como la vitamina E tienen funciones antioxidantes y tiene un efecto directo sobre la calidad de los espermatozoides protegiéndolos contra el daño oxidativo. La deficiencia de vitamina E causa degeneración testicular que afecta la célula espermática dentro del parénquima testicular. El daño estructural del espermatozoide ocurre cuando las dietas no contienen suficiente vitamina E. Los beneficios de la vitamina E se encuentran dentro de la superficie del espermatozoide y no en el plasma seminal.

Ha sido reportado que la suplementación con vitamina E aumenta las concentraciones de espermatozoides en el eyaculado del cerdo. Sin embargo, la Vitamina E no tiene efecto sobre las anomalías de la estructura celular del espermatozoide, pero sirve como antioxidante sobre las células espermáticas.

La deficiencia de Se, por otra parte, afecta la integridad y morfología de la cola del espermatozoide, y por consiguiente su motilidad, así como el número de espermatozoides en maduración y las reservas testiculares del espermatozoide. Por consiguiente, el selenio y la vitamina E afectan la calidad espermática y la tasa de fertilidad. Sin embargo, el selenio parece tener un mayor papel que la vitamina E por ser esencial para el desarrollo de los espermatozoides y su maduración.

Figura 4.7.1 Anormalidades morfológicas del espermatozoide



Autoría : 1 Extraído por el autor del trabajo de NO ENCONTRADO

Indudablemente, en estudios recientes ha sido estableció la importancia del selenio en las dietas de verracos. Los verracos fueron evaluados a diferentes edades y pesos corporales, cuando fueron alimentados con dietas conteniendo 0 o 0,5 ppm de Se y 0 o 220 UI de vitamina E/Kg (Tabla 4.7.2). A los 18 meses de edad, los verracos alimentados con Se tuvieron un mayor número espermatozoides de reserva, mientras que la vitamina E no tuvo efectos sobre las reservas testiculares de espermatozoides. El plasma de la membrana de la conexión con la pieza descola no estuvo tan fuerte ligada en aquellos verracos alimentados con dietas sin suplementación de Se cómo en aquellos que recibieron dietas suplementadas con Se. Esto afecta la mortalidad.

Espermatozoides (x109).

	Selenio (ppm)		Vitamina E (UL/Kg)	
	0	0,5	0	220
Edad (meses)				
5,4	3,0	4,6	4,3	3,3
6,2	6,5	7,7	6,8	7,3
9,0	7,3	10,6	9,6	8,2
18,0	12,1	19,1	16,5	14,6
ATP (nmol/106 espermatozoides)	1,15	1,55	1,30	1,37

Elaborado por: 39 El Autor (2023) en referencia al trabajo de (Marin-Guzman et al., 1997)

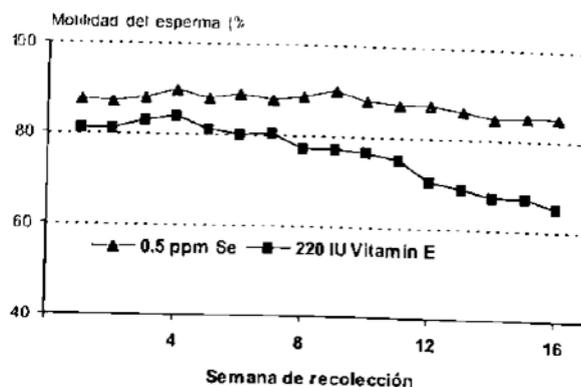
La concentración de ATP y espermatozoides de verraco alimentados con 0,5 ppm de Se fue 25% mayor que aquella de los verracos alimentados con 0 ppm de Se, Y por supuesto, aún mayor cuando fue aportada la vitamina E (Tabla 4.7.2). La mayor actividad metabólica de los espermatozoides en la eyaculación aumentó la motilidad e incrementó la tasa de fertilización (Tabla 4.7.3 y Figura 4.7.2).

Tabla 4.7.3. Efecto del Se y Vitamina E sobre la motilidad espermática

	Selenio (ppm)		Vitamina E (UI/Kg)	
	0	0.5	0	220
Semen				
Volumen (ml)	158	212	175	195
Motilidad esperm. (%)	60	88	72	76
Espermatozoides normales (%)	24	62	41	45
Fertilización				
Tasa de fertilización (%)	73	98	89	83
Accesorios espermáticos	14	60	36	38

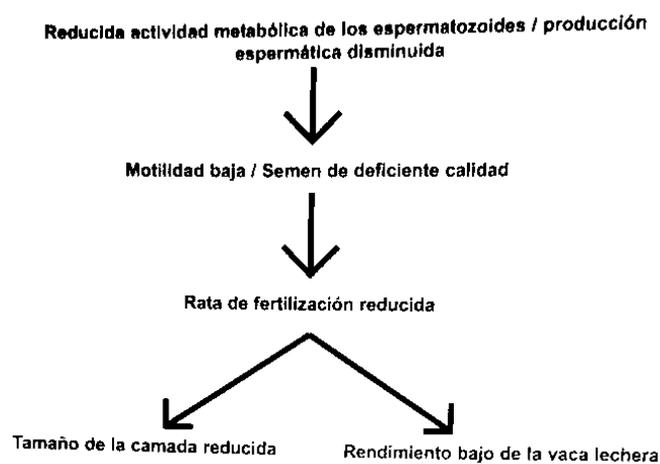
Elaborado por: 40 El Autor (2023) en referencia al trabajo de (Marin-Guzman et al., 1997)

Figura 4.7.2. Efecto del Se y Vitamina E sobre la motilidad espermática



Elaborado por: 41 Extraído por el Autor (2023) del trabajo de (Marin-Guzman et al., 1997)

Figura 4.7.3. Bajo nivel dietético de Se y reproducción



Elaborado por: 42 El Autor (2023)

El mecanismo mediante el cual el estatus de selenio influye sobre el rendimiento reproductivo se encuentra resumido e en la Figura 4.7.3.

Por consiguiente, sugerida la suplementación de las dietas de verracos con 50-100 U.I Vitamina E y 0,3-0,5 ppm, Se De las fuentes más disponible. La selenolevadura como Sel-Plex, Con su componente activo seleniometionina, Es más efectiva que el selenito de sodio inorgánico para satisfacer los requerimientos de selenio del verraco.

3.2.5.5 Biotina

La Biotina reduce la incidencia de cojeras y lesiones de patas. Debido a la vulnerabilidad del verraco, la inclusión dietética debería ser de 0,3 mg/kg, pero si existen problemas de patas, este nivel debería ser aumentado hasta 1.0 mg/kg.

3.2.5.6 Vitamina C

Las funciones fisiológicas de la vitamina C son como antioxidante en el organismo y en la síntesis de las hormonas esteroideas. Ambos procesos son importantes para la espermatogénesis en los verracos. Ciertamente ese requerimiento de vitamina C aumenta bajo condiciones de estrés, y especialmente en situaciones estresantes causadas por veranos calientes y húmedos. El aporte adicional de vitamina C bajo esas condiciones puede resultar beneficioso.

3.2.5.7 Ácidos grasos esenciales

Estos están involucrados en la síntesis de prostaglandinas y pueden ser importantes para el verraco intensamente utilizado.

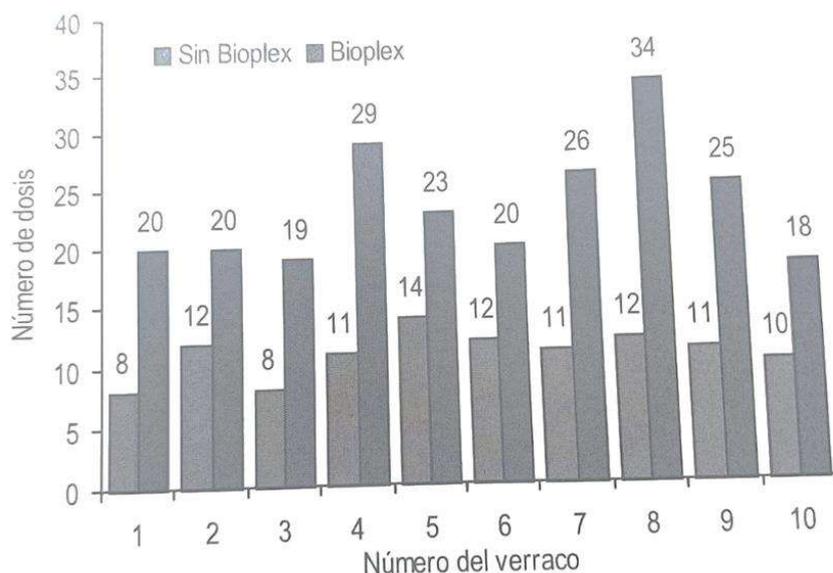
3.2.6 Fuentes de minerales

Se conoce que niveles altos de minerales inorgánicos reaccionan con otros en el tracto intestinal y esto reduce su disponibilidad para la absorción. Ejemplos típicos son las reacciones/combinaciones del calcio y zinc o hierro con el cobre o el zinc. Por esta razón ha aparecido un aumento en el uso de minerales orgánicos, con sus inherentes ventajas sobre la producción.

Un estudio reciente efectuado en México evaluó varios minerales orgánicos (Bioplex) y sus efectos sobre la calidad del semen en verracos. Los minerales orgánicos adicionados a la dieta de verracos durante un periodo de 1 año fueron: cobre, zinc, manganeso, selenio y cromo. Los resultados demostraron que la alimentación con complejos minerales orgánicos en 10 verracos aumentó el promedio del número de dosis por eyaculado de 10,9 a 23,4 (Figura 4.7.3). Esos

resultados sugieren que la suplementación de la dieta con minerales orgánicos (Bioplex) mejoró drásticamente la producción y calidad del semen

Figura: 6 Figura 4.7.3 Efecto de la suplementación de la dieta con minerales orgánicos (Bioplex) sobre la producción de semen (Reynaldo Guerrero, México).



3.3 REQUERIMIENTOS DE AGUA

Hay escasez de información sobre los requerimientos de agua de los verracos y no se han reportado estudios relativos a los efectos de la deshidratación sobre la fertilidad del verraco. Los requerimientos de agua de los verracos pueden oscilar entre 14 y 40 l/día, dependiendo de su peso corporal y las condiciones climáticas. Los verracos deberían tener siempre acceso ininterrumpido al aporte de agua limpia y fresca.

Cuando son utilizados los bebederos de pezón y los de tipo por goteo éstos deben ser grandes y fácilmente accesibles considerando el tamaño físico de la cabeza y boca del verraco. Si se usan los bebederos de pezón o de mordida, la tasa de distribución del agua debería ser por lo menos de 1,5 l/minuto.

3.4 APLICACIONES PRÁCTICAS

Debido al reducido número de verracos mantenidos en la granja, a menudo resulta impráctico formular o aportar por separado una dieta específicamente diseñada para verracos y generalmente se les ofrece una dieta para marranas vacías. Sin embargo, los requerimientos del verraco son diferentes de los de la marrana vacía, especialmente en términos de vitaminas y minerales. Por consiguiente, es recomendable que se adicione un suplemento especial que considere esas diferencias; por ejemplo, el producto especialmente diseñado para verracos.

CAPÍTULO 4

4 EL LECHÓN DESTETADO

4.1 INTRODUCCIÓN

El destete es considerado como un gran desafío para el lechón joven y representa un periodo crítico durante su vida. Es también el periodo que establece su futuro crecimiento y desarrollo. Es bien sabido que tanto el peso del lechón al destete como su tasa de crecimiento y sobre la eficiencia del alimento hasta el rastro. Por lo tanto, el objetivo primordial en este momento crítico debería ser asegurar lo más pronto posible una tasa de crecimiento rápida junto con un bienestar y un buen estatus de salud.

En la naturaleza, el destete es un proceso gradual que se completa a las 10-12 semanas de edad. Durante este periodo el lechón se adapta de ser enteramente dependiente de su madre a ser totalmente independiente. Sin embargo, en la práctica comercial el destete normalmente toma entre 14 y 28 días, o a veces más, y es un proceso abrupto que tiene considerables consecuencias para el lechón.

- Es removido del confort de su madre y de sus hermanos.
- Es transportado a un corral que no conoce, los alrededores se componen de lechones agresivos.
- Hay un cambio en las condiciones de temperatura y ambiente.
- Hay un cambio en la dieta de leche tibia, disponible a la demanda, a un alimento sólido que no conocen, seco, frío y en comederos extraños a ellos.
- La composición de los nutrientes de la dieta es diferente y los factores “inmunológicos” de la leche de la cerda ya no están presentes.
- Comparado con mamar cada 45-60 min, hay un espacio de tiempo antes de que el lechón aprenda a consumir cantidades de alimento adecuadas en su nuevo ambiente. El lechón, entonces se torna hambriento y esto puede originar desbalances digestivos y metabólicos.
- El lechón necesita aprender a beber en su nuevo ambiente y puede llegar a deshidratarse.
- Se debe tomar en cuenta que un nuevo grupo de lechones está considerablemente estresado y pueden hacerse daño.

Existen cambios sustanciales en los procesos metabólicos, fisiológicos, endócrinos e inmunológicos en el lechón al destete y esto puede originar un estrés considerable. Si el

potencial de crecimiento del lechón después del destete es alcanzarlo, entonces el impacto de esos desafíos debe ser minimizado.

Esta sección discute acerca de:

- Los cambios metabólicos, endocrinos y fisiológicos que suceden al destete y como estos pueden ser manipulados para beneficio del lechón.
- El potencial de crecimiento y objetivos del desempeño.
- Cómo se pueden alcanzar las necesidades nutricionales y manejo del alimento del lechón.
- Los requerimientos de instalaciones y ambiente.
- Cómo asegurar un alto estatus de inmunidad y salud.
- La importancia de buenas prácticas de manejo e instalaciones.

4.2 EL PROCESO DE DESTETE: CAMBIOS EN EL DESTETE

4.2.1 El listado de crecimiento

El lechón recién destetado posee un gran desafío en una granja de cerdos. Aun los lechones que han crecido 300 g/día en los últimos días antes del destete, frecuentemente crecen a una tasa del 50% o menor la siguiente semana después del destete. De hecho, muchos lechones no crecen o aun pierden peso corporal durante este periodo. Esto tiene consecuencias para el desempeño de los cerdos a través del periodo total del crecimiento en el periodo de finalización.

No solo es importante la tasa de crecimiento, o la falta de ganancia de peso, después del destete. El crecimiento representa la acumulación de proteína, grasa y agua en el cuerpo y es necesario mantener la condición corporal y evitar cambios catabólicos de tejido corporal en lo posible. Sin embargo, si se va a evitar hidrolisis de tejido graso en el cuerpo, los lechones deben ganar al menos 200 g/día (Figura 5.2.1). Con cero crecimiento el animal solo es capaz de mantener la masa proteica, pero existe una reducción en el contenido de lípidos en el cuerpo de 55 g/día. Esto obviamente tiene consecuencias para el estatus metabólico del lechón.

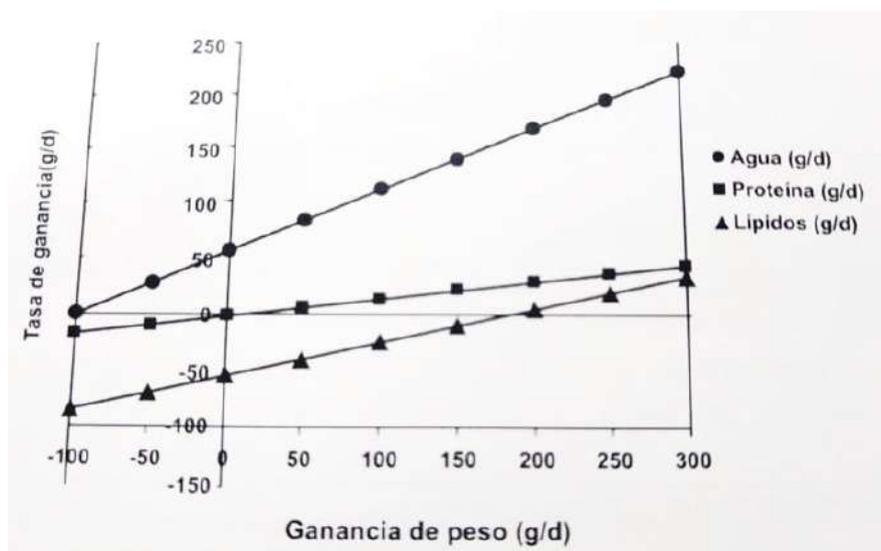


Figura 5.2.1. Cambios en la composición en ganancia de peso en lechones después del destete (Whitte more *et al.*, 1981).

El objetivo principal al destete es, por lo tanto, asegurar que la transición de la leche de la cerda a la dieta proveída después del destete sea tan confortable como sea posible, sin comprometer el crecimiento o predisponiendo al lechón a enfermedades. Muchos factores influyen en el crecimiento post-destete- o la falta de este – y si el chequeo de crecimiento se va a evitar o al menos a minimizar, entonces es importante tener un entendimiento claro del proceso de destete per se y de los cambios que suceden durante ese tiempo. Con este conocimiento estaremos en una mejor posición para ayudar al lechón a adaptarse y ajustarse en la transición de la leche de la cerda al alimento sólido y seco.

4.2.2 Proceso de adaptación

En situaciones naturales, el destete es un proceso gradual que toma varias semanas, normalmente de 10-12 semanas de edad. En contraste, en condiciones comerciales, es un evento abrupto usualmente implementado alrededor de los 14-28 días de edad.

Normalmente los lechones maman a la cerda cada 45-60 minutos y todos los lechones son alimentados simultáneamente. También puede implementarse la sobre-alimentación (Creep feeding), aunque es cuestionable cuanto consumen los lechones antes de los 21 días de edad, a menos que el suministro de leche sea severamente limitado. La leche contiene aproximadamente 80% de agua u además de proveer todos los nutrientes necesarios para el lechón, tiene que cubrir la mayoría de sus necesidades de agua.

Después del destete, el lechón debe aprender rápidamente a consumir alimento sólido desconocido para él y suficiente agua de diferentes fuentes. Este proceso de aprendizaje puede variar considerablemente de lechón a lechón y puede tomar varios días. El consumo de agua después del destete puede variar y es afectado por el tipo de bebedero. De hecho, los lechones

aprenden a beber más rápidamente de un tazón que de un bebedero tipo niple. Algunos lechones se pueden deshidratarse después del destete y esto puede afectar su balance homeostático. Esto afectará seriamente el apetito y la tasa de crecimiento y hará el lechón más susceptible a enfermedades e infecciones.

4.2.3 Cambios en las enzimas digestivas

El cambio de la leche materna a una dieta altamente compleja en carbohidratos y proteínas impone alteraciones fuerte en la secreción de enzimas del lechón. Por ejemplo, en términos del contenido de energía de la leche de la cerda, 14% es derivado de carbohidratos (lactosa), 65% de lípidos y 22% de proteína. En comparación, una dieta típica de iniciación provee 53% de la energía en carbohidratos, 20% de lípidos y 27% de proteína (Tabla 5.2.1). esto efectivamente quiere decir que la fuente de nutrientes- y por lo tanto la competencia digestiva – cambia de una basada predominante de lípidos a una donde la energía principal viene del almidón. También hay cambios en la fuente de proteína.

Tabla 5.2.1 Fuentes energéticas de leche de la cerda y de la dieta (%).

	Leche de la cerda	Dieta
Carbohidratos	14	53
Lípidos	65	20
Proteína	22	27

*Basado en un contenido de 15.0 MJ ED/kg en la dieta.

A este respecto, el páncreas es el mayor órgano para la síntesis y secreción de enzimas dentro del cuerpo. Es un órgano tanto “endocrino” que secreta directamente las hormonas insulina y glucagón hacia el torrente sanguíneo, y también un órgano “exógeno”, directamente secretando jugos pancreáticos a través del ducto pancreático hacia el duodeno, que es el mayor órgano de absorción de nutrientes del cuerpo. Las principales clases de enzimas producida por el páncreas son las proteasas (tripsina y quimotripsina), carbohidratos (incluyendo amilasa), lipasa y nucleasas. Las secreciones del páncreas tienen entonces una función muy importante en la digestión de nutrientes y la absorción.

Desafortunadamente para el lechón, hay una reducción de la actividad pancreática enzimática después del destete. (Tabla 5.2.2). esto es muy probable que origine un bajo consumo de alimento o ningún consumo, en lugar del proceso de destete per se. Un bajo consumo del alimento reducirá el nivel de precursores disponibles para la síntesis de enzimas. Por lo tanto, asegurar un adecuado consumo de alimento inmediatamente después del destete deberá incrementar la síntesis y secreción de enzimas pancreáticas y por lo tanto incrementar el crecimiento (Figura 5.2.2). el desarrollo de actividad de tripsina y quimotripsina en ambos,

páncreas y yeyuno, también depende de la fuente de proteína de la dieta, pero esto cambia con el tiempo post destete (Makkink, 1993).

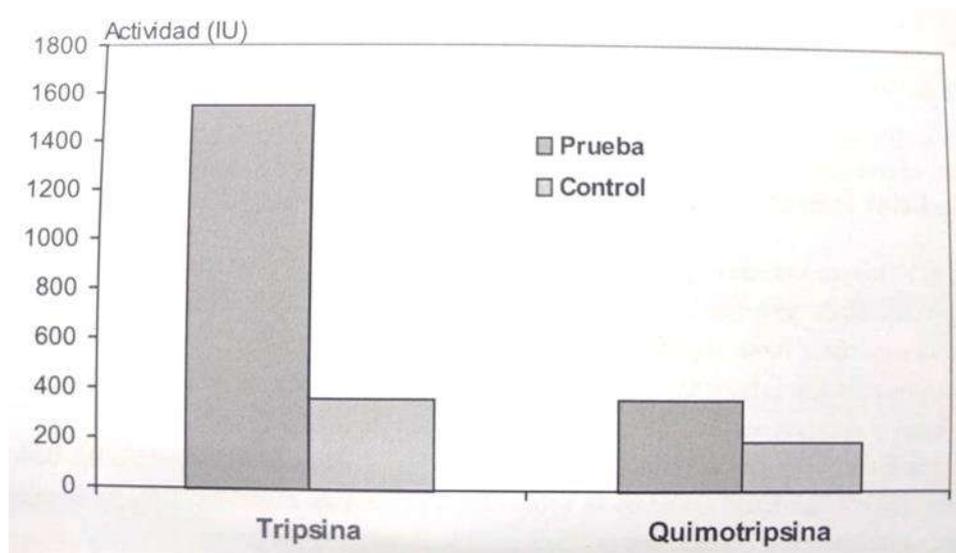
Tabla 5.2.2 efecto de edad y destete sobre actividad enzimática pancreática (valores expresados como unidades/g páncreas)

Edad (días)	TRIPSINA	QUIMIOTRIPSINA	AMILASA	LIPASA
0	5,526	259	429	965
14	2,325	230	11,074	2,936
27	4,712	324	21,864	6,268

Lechones destetados al día 28

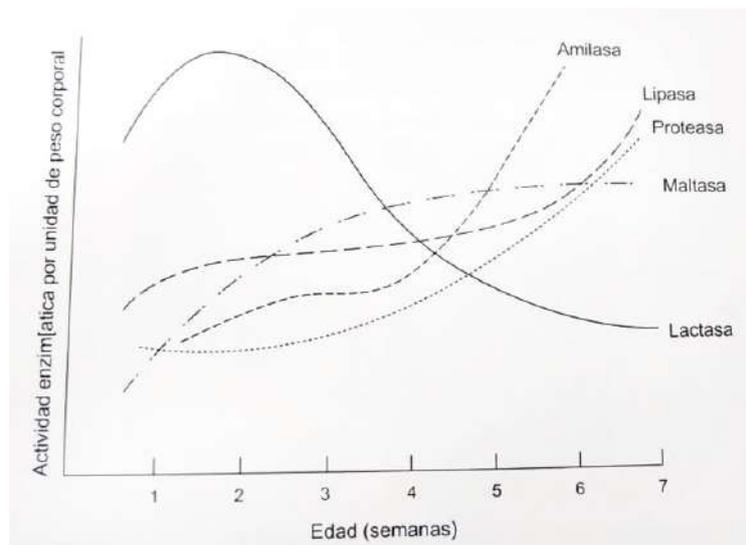
29	5,885	325	29,299	-
31	5,553	100	8,958	1,778
42	24,497	257	27,250	1,180
56	38,668	320	40,959	-

Figura 5.2.2 Efecto del consumo sobre la actividad enzimática en duodeno de lechones recién destetados (Makkink, 1993).



El patrón generalizado de cambio en la secreción de enzimas digestivas en el cerdo joven se muestra en la Figura 5.2.3. Siguiendo el cambio de leche a alimento sólido, a las enzimas apropiadas les toma tiempo desarrollarse lo suficiente para digerir el alimento. La secreción de lactasa declina, mientras que la de amilasa, lipasa y proteasa tiene que incrementar. Si la digestión no está completa, entonces grandes cantidades de material no digerido pueden pasar al intestino delgado, originando diarrea e irritación. Entonces, adicionar enzimas exógenas a la dieta para ayudar a la digestión de nutrientes en el periodo de post destete puede ser benéfico.

Figura 5.2.3. Cambios en la secreción enzimática en cerdos jóvenes (Kidder and Manners, 1978).



4.2.4 Integridad del intestino delgado

El intestino delgado es el mayor sitio de digestión de nutrientes. La superficie del intestino delgado está caracterizada por innumerables micro-vellosidades proyectadas como “dedos” (Figura 5.2.4). las células epiteliales localizadas en las vellosidades forman la superficie luminal y hacen de hecho el trabajo de absorción. Las células epiteliales reconocen y absorben propiamente los nutrientes digeridos, pero no aquellos que están insuficientemente digeridos (muy grandes). Por lo tanto, entre más larga y delgada sea la vellosidad, mayor el área de superficie para la digestión y mayor la tasa de absorción de nutrientes. En la base de las vellosidades están las células de la cripta, responsables de la regeneración de las células epiteliales, que migran hacia arriba de la vellosidad a la zona de extrusión. Durante la migración las células maduran para que su capacidad de absorción sea máxima cuando llegan a la parte superior.

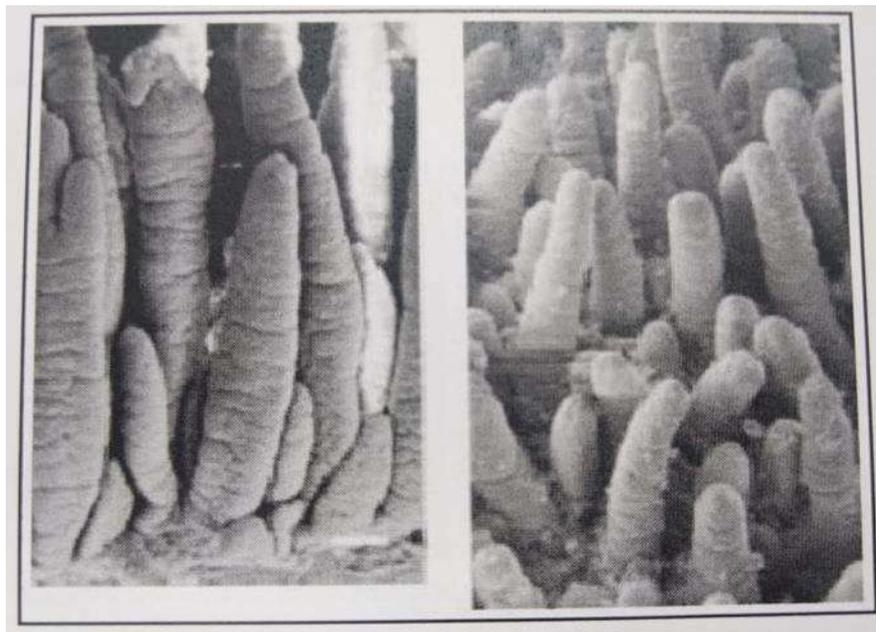
Figura 5.2.4 Corte transversal de la mucosa duodenal mostrando vellosidades intestinales.



Después del destete, hay un cambio marcado en la estructura, función e integridad del intestino delgado. Hay una disminución del tamaño de la vellosidad, y un cambio en la forma de “dedo” a una más ancha como forma de “lengua” (Figura 5.2.5). al mismo tiempo hay una hiperplasia (enlargamiento) de las células que incrementan lo profundo de la cripta.

El efecto combinado de esto es reducir el área de superficie de la vellosidad y disminuir la regeneración de las células epiteliales, lo cual nos lleva a una reducción en la capacidad digestiva y absorción de nutrientes y puede contribuir a una diarrea después del destete.

Figura 5.2.5 Escaneado electrónico micrográfico de las vellosidades intestinales antes del destete (izquierda) y después del destete (derecha). Note el encogimiento de la vellosidad después del destete.



La proporción de la altura de la vellosidad con la profundidad de la cripta es un buen indicador de la eficiencia de absorción y valores de 1.0 y 4.0 han sido reportados en el periodo post destete.

Muchos factores influyen la integridad del tracto intestinal del lechón recién destetado. Estos incluyen:

- Estatus de salud influyen la integridad del tracto gastro intestinal del lechón recién destetado. Estos incluyen:
- Forma de alimento (seco vs líquido)
- Retiro de la leche y factores de crecimiento derivados de la leche.
- Disponibilidad de agua.
- Glutamina: combustible metabólico necesario para el desarrollo de los intestinos.

- Hipersensibilidad transitoria de los antígenos de la diera; i.e. antígenos de la soya en dietas. Esta hipersensibilidad esta marcada por un encogimiento de la altura de las vellosidades en un 25-30% (ilustrado por el ejemplo en la Tabla 5.2.3).

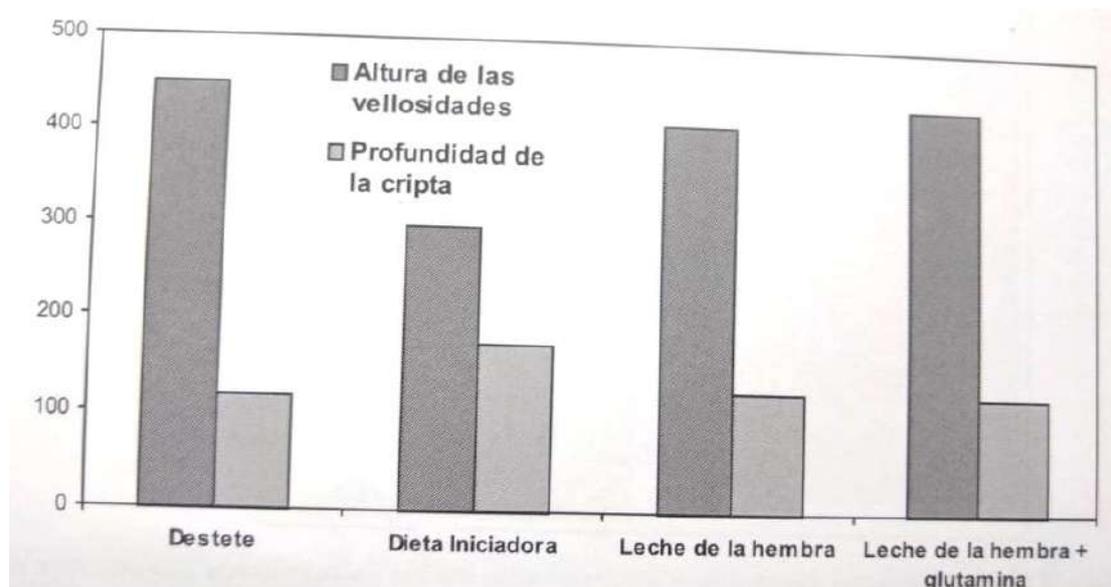
Cuadro 5.2.3 Efecto de diferentes productos de la soya en la morfología intestinal

	<i>Proteína de la leche</i>	<i>Pasta de soya</i>	<i>Proteína concentrada de soya</i>	<i>Proteína concentrada de soya extrudado</i>	<i>Proteína concentrada experimental de soya</i>
Altura de vellosidad (µm)	364	234	309	319	280
Profundidad de cripta (µm)	198	222	214	196	190

Sin embargo, uno de los factores más importantes puede ser el poco consumo de alimento por parte del lechón en el periodo de post-destete. El alimento ingerido puede estimular el crecimiento y la función de la mucosa que mantiene la integridad del intestino delgado y promueve el crecimiento y la capacidad digestiva y de absorción.

El Dr. John Pluske y colegas han demostrado que la altura de las vellosidades y la profundidad de la cripta puede ser mantenida en el lechón post-destetado si se evita el estrés nutricional provocado por la interrupción de alimento inmediatamente después del destete. Al proveer agua, en lugar de alimento seco la altura de las vellosidades fue mantenida y no mostro la disminución característica observada cuando el alimento seco es ofrecido (Figura 5.2.6).

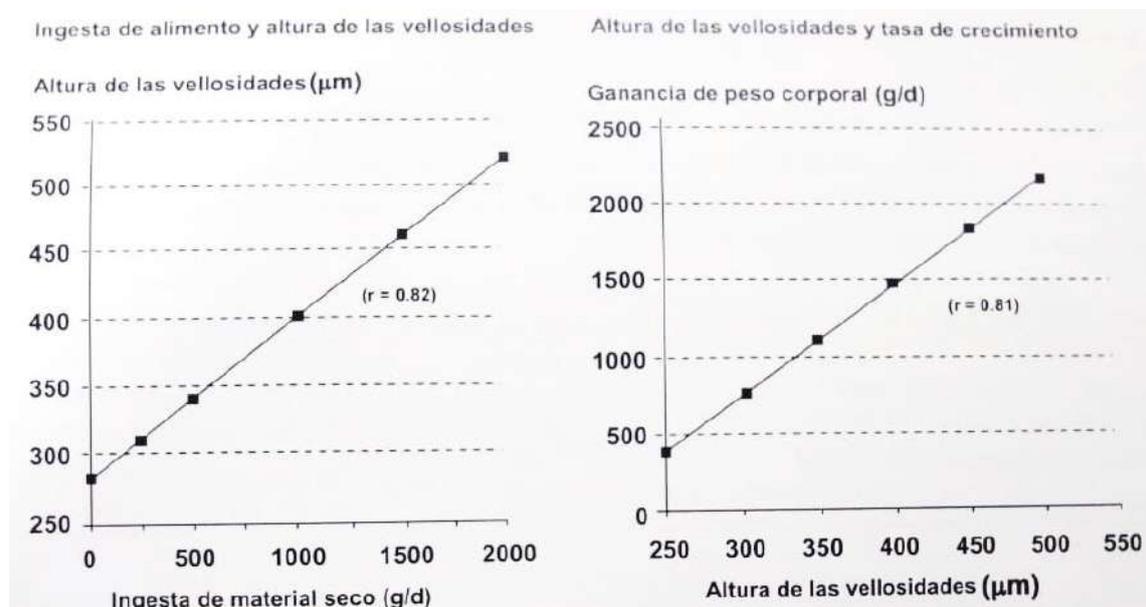
Figura 5.2.6. Altura de la vellosidad y profundidad de la cripta de lechones al destete y 5 días por destete con diferentes dietas (Pluske et al., 1996)



Después, demostraron que había una relación lineal entre el consumo total de material seco y la media de la altura de las vellosidades a lo largo de la longitud del intestino delgado. Similarmente, hubo una relación lineal entre la media de la altura de las vellosidades y la

ganancia de peso corporal (Figura 5.2.7). Estos resultados resaltan la interdependencia entre consumo de nutrientes, estructura e integridad intestinal, absorción de nutrientes y tasa de crecimiento.

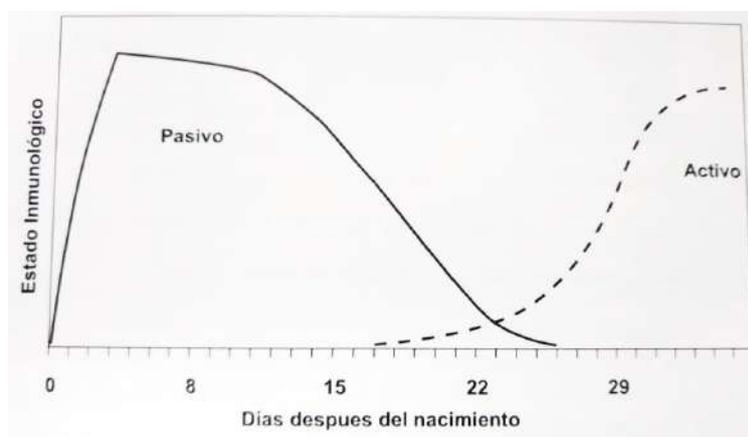
Figura 5.2.7 Relación entre el consumo de alimento, la altura de las vellosidades y la ganancia de peso (Pluske et al., 1996)



4.2.5 Desarrollo inmunológico

Al nacimiento, el sistema inmunológico del lechón es inmaduro y depende de la inmunidad derivada de la madre o inmunidad pasiva a través del calostro y consumo de la leche. La leche de la cerda contiene anticuerpos maternos como medio importante de protección, como es el caso de IgA, que se pierden durante el destete. De hecho, entre la semana 3 y 4 de edad, el lechón amamantado estaría recibiendo aproximadamente 1,6 g IgA/día. Esta proteína es esencial mientras el lechón “activa” su propia producción de IgA (Figura 5.2.8).

Figura 5.2.8. Inmunidad del lechón (esquemática).



Los lechones destetados a las 3-4 semanas de edad pierden una protección invaluable de anticuerpos maternos en el tiempo en que su propio sistema inmunológico está “inmaduro” y

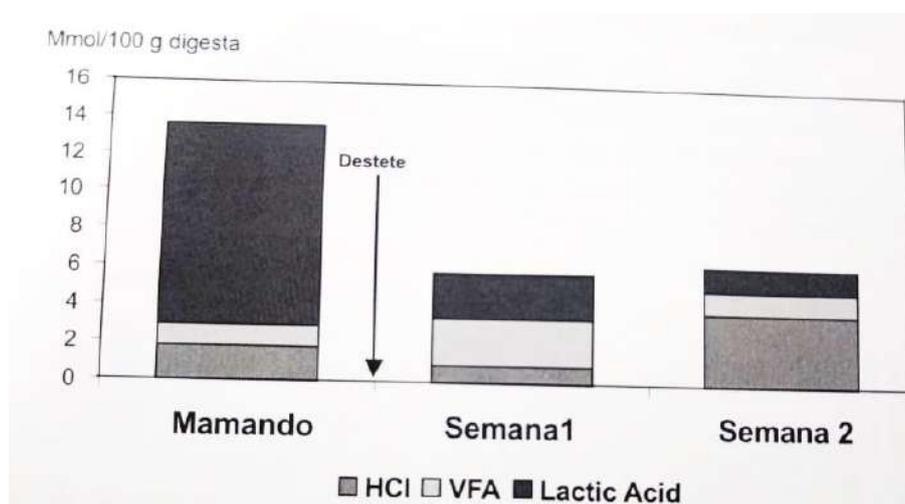
por lo tanto no puede resistir el desafío de una enfermedad. Además, la susceptibilidad a enfermedades puede incrementarse, ya que el estatus inmunológico del lechón está comprometido por una reacción inmunosupresora debido al destete. Esto también puede afectar el consumo de alimento y el crecimiento. La calidad inmunológica del calostro y de la leche es también de suma importancia, ya que esto aumentará el estatus inmunológico del lechón antes del destete y lo proveerá de cierta protección para enfrentar el estrés y los desafíos en el periodo de post-destete.

4.2.6 Secreciones Gástricas

Otro gran problema que tiene que enfrentar el lechón durante el periodo inmediato después del destete es su nula habilidad para secretar suficiente ácido clorhídrico (HCL) al estómago. Este es necesario para mantener un pH bajo dentro del estómago y estimular la secreción de enzimas, como pepsina y pepsinógeno, para iniciar el proceso de degradación de proteína. Adicionalmente, este pH bajo mantiene el balance correcto de microbios dentro del intestino, permitiendo que las bacterias benéficas como *Lactobacili* y *Bifidus spp.*, proliferen y mantengan las bacterias patógenas, como las coniformes, al margen.

Durante el amamantamiento, cantidades grandes de ácido láctico son producidas debido al contenido de lactosa en la leche; y esto mantiene un pH bajo de 3-4 dentro del estómago. Sin embargo, después del destete la producción de ácido láctico ya no es estimulada por la lactosa de la leche, pero los lechones son incapaces de secretar suficientes cantidades de HCL para mantener el pH bajo (Figura 5.2.9.). Como consecuencia el pH es muy alto, la secreción enzimática es inadecuada y los nutrientes no son digeridos o son parcialmente digeridos. Cantidades grandes de nutrientes no digeridos pasan al intestino grueso donde forman parte de un sustrato ideal para bacterias patógenas, causando irritación y diarrea.

Figura 5.2.9. Ácido en el estómago de lechones (Bolduan et al., 1988)



El pH aumentado dentro del intestino favorece el crecimiento de patógenos a expensas de bacterias benéficas, que, de nuevo, ocasionan irritación y diarrea (Figuras 5.2.10 y 5.2.11). Esta es la razón por la cual se agregan ácidos a las dietas para lechones:

- Para mantener un pH bajo del estómago y duodeno,
- Para incrementar la proteólisis gástrica y la digestión de nutrientes y
- Para reducir el crecimiento de bacterias patógenas en el intestino y por lo tanto mantener una mejor salud.

Figura 5.2.10. Cambios en la concentración de bacterias en el recto 28 días después del destete

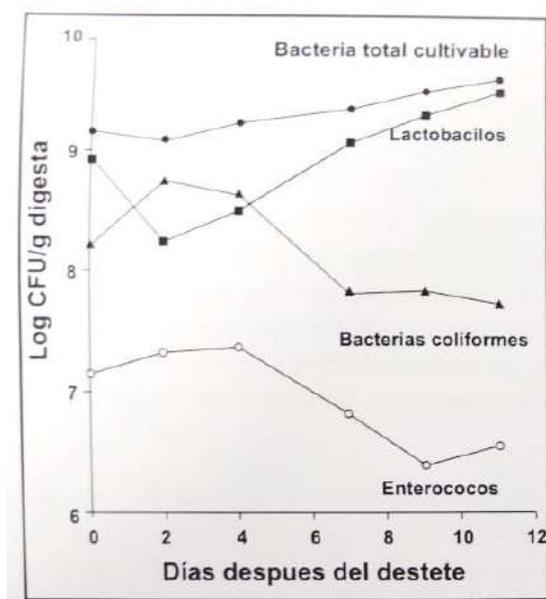
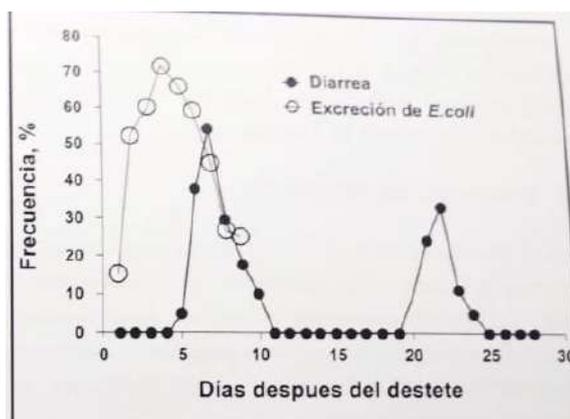


Figura 5.2.11 Excreción de *E. coli* y diarrea en el lechón



4.2.7 Conclusiones

La falta de crecimiento es ocasionada por un numero de factores que afectan el lechón al destete:

- **Insuficiente secreción de enzimas digestivas**
- **Desarrollo pobre de secreción ácido gástrica**

- **La integridad del TGI está comprometida: arquitectura de vellosidades**
- **Retiro de leche y sus factores benéficos**
- **Reducción del estatus inmunológico**
- **Respuestas alergénicas de los antígenos de la dieta**
- **Consumo de alimento bajo e irregular**
- **Consumo de agua bajo y deshidratación**
- **Adaptación / aclimatación lenta**

Las políticas nutricionales, manejo y salud necesitan ser implementadas para asegurar que estos factores tengan un impacto mínimo en el animal. Si no se llevan a cabo los resultados son:

- **Una digestión y absorción de nutrientes pobre**
- **Estatus de salud reducido**
- **Proliferación de bacterias patógenas**
- **Tasa de crecimiento y eficiencia alimenticia baja**
- **Incremento en la incidencia de irritación y diarrea**
- **Desempeño muy pobre y costos totales incrementados**

Las desventajas de un destete tardío incluyen:

- Reducción del número de camada por cerda por año
- Incremento en costos por más jaulas para aparición
- La existencia de jaulas de parición puede no ser suficientemente grandes para acomodar una camada grande de lechones grandes destetados
- La cerda puede perder mucho peso si la nutrición y manejo no son optimas

Una idea del efecto de peso y edad al destete en el futuro desempeño se muestra en las Tablas 5.3.2 y 5.3.3.

Cuadro 5.3.2 Efecto del peso al destete a los 25-29 días de edad y el comportamiento productivo posterior del lechón

Peso al destete	Peso al día 78 de edad	Tasa de crecimiento
(Kg)	(kg)	(g/día)
6,14	30,4	454
7,95	35,6	529

(Campbell et al., 2013)

Cuadro 5.3.3 influencia de edad al destete en el comportamiento productivo posdestete

Edad del destete, días	12	15	18	21

Peso al destete, kg	4,2	4,9	5,7
Consumo, g/d	426	512	562
Ganancia de peso, g/d	299	367	408
Alimento: ganancia	1,42	1,39	1,38
Mortalidad, %	5,3	2,8	2,1
Peso a los 42 días post-destete	16,9	20,3	22,6

(Mullan et al., 2002)

4.3 PESO AL DESTETE, EDAD AL DESTETE Y METAS DE DESEMPEÑO

4.3.1 Peso al destete

Es bien reconocido que entre mayor es el peso corporal del lechón al destete, sin importar la edad, mayor será la tasa de crecimiento en adelante, el tiempo que se tome para ir al rastro será menor el consumo de alimento total. (Tabla 5.3.1.)

Cuadro 5.3.1 Efecto del peso al destete sobre el comportamiento productivo en cerdos (a 150 kg)

	Peso de destete (kg)		
	4,1-5,0	5,5- 6,8	7,3- 8,6
Ganancia total, kg/d	0,63	0,66	0,69
Alimento consumido, kg	289	287	274
Edad a 105 kg, d	181	173	165

Mahan, 1991

El primer determinante para la tasa de crecimiento en los lechones durante la lactancia – y por lo tanto de peso al destete es la producción de la leche de la cerda. La nutrición y el manejo de la cerda durante la lactancia no debe limitar la producción de leche y las dietas y estrategias de alimentación necesarias para reunir las necesidades de nutrientes de la cerda en lactancia se discuten más adelante en las secciones 3.3 y 3.7.

4.3.2 Edad al destete

La decisión de a qué edad destetar es frecuentemente orientada a maximizar el número de lechones destetados por cerda por año. Sin embargo, como se indicó en la sección 5.3.1. una mayor atención está siendo puesta al efecto que el peso al destete tiene sobre el futuro desempeño. Es aceptado de manera general que, aportando suplementos, como leche líquida, a los lechones antes del destete es una forma difícil y costosa de incrementar el peso al destete en larga escala. El mejor modo de incrementar el peso al destete de los lechones es ya sea conseguir cerdas para producir más leche, o retrasar la edad al destete.

Las ventajas de un destete tardío incluyen:

- Menor necesidad de medicación de rutina. En países donde se utilizan de manera rutinaria los antibióticos promotores de crecimiento, la edad al destete se ha incrementado.
- Un lechón más maduro destetado con un sistema digestivo más desarrollado y un mejor sistema inmunológico.
- Dietas para destete menos complicadas y costosas.
- Menor necesidad de espacio de los lechones destetados.
- Incremento de tasa de crecimiento post-destete y reducción de la tasa de mortalidad.
- Incremento en el retorno al estro para las cerdas que destetan y una tasa mayor de parición.

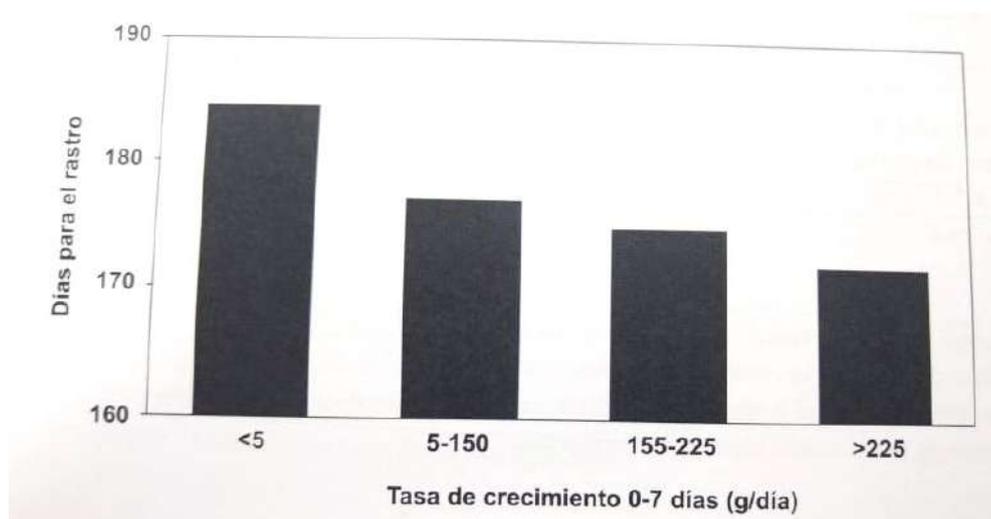
4.3.3 Potencial para crecimiento

Aun los lechones jóvenes tienen buen potencial de crecimiento y si esto no se logra, entonces estará bien que la capacidad mayor para ganancia de tejido magro y tasa de crecimiento durante el periodo de crecimiento y finalización no se logren. Entre mayor sea la tasa de crecimiento después del destete, mayor será la tasa de desempeño subsiguiente, ganancia de tejido magro, eficiencia alimenticia, contenido y ganancia de la carne de la canal y menor será el tiempo para el rastro.

Por ejemplo, en la Figura 5.3.1 se muestra a los lechones que no lograron ningún crecimiento en la primer semana post-destete, tomo 10 días mas para lograr el peso al mercado que aquellos con una tasa de crecimiento superior a 225 g/d.

Cada buen lechón al destete probablemente tiene un potencial para crecer a más de 300 g/día en el periodo de la segunda semana post-destete. Para lograr esto, es importante promover un buen consumo de alimento y proveer dietas con la especificación y digestibilidad correcta.

Figura 5.3.1 Tasa de crecimiento de lechones destetados.



En resumen:

- Cada 0,5 kg al nacimiento = +0,1 kg extra de peso al destete
- Cada 0,1 kg al destete = 1 día menos al rastro
- Cada 5-10 g/día de crecimiento post-destete = 1 día menos al rastro

4.3.3.1 5.3.4 Metas al post-destete

El lechón moderno tiene una capacidad alta de crecimiento y bajo un estatus de buena salud puede lograr un peso corporal de 30 kg a los 70 días de edad. Las tasa de consumo de alimento y crecimiento necesarias para lograr esto en el periodo de post-destete serán por lo tanto las siguientes:

Cuadro 5.3.1. Objetivos sugeridos para el lechón

Edad	Peso corporal	Consumo de alimento	Tasa de crecimiento	Consumo: ganancia	Mortalidad
(días)	(kg)	(g/día)	(g/día)	(g/g)	(%)
21-35	7 - 10,5	250	250	1,0	< 3
35-49	10,5 - 17	575	450	1,3	< 1,5
49-70	17 - 30	900	600	1,5	< 1
General	7 - 30	620	460	1,35	< 2

La meta debe ser mantener la mortalidad post-destete tan baja como sea posible y se sugiere que sea no mayor de 2%.

Estos niveles de desempeño pueden ser logrados únicamente bajo condiciones óptimas de nutrición, manejo, alojamiento y cuidado de la salud como se indica en la Tabla 5.3.2.

Cuadro 5.3.2. Comportamiento productivo post-destete en buenas condiciones comerciales.

Días post-destete	0-8	8-21	21-34	Geral
Dieta				
ED, MJ/kg	17,6	16,0	15,6	
Lisina, g/kg	17,5	16,5	15,5	
Consumo de alimento, g/d	268	523	729	542
Tasa de crecimiento, g/d	278	466	566	461
Consumo: ganancia, g/g	0,97	1,12	1,30	1,18

Peso lechón: 7,5 kg al destete de 26 días y 23,2 kg al día 60.

4.4 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

El crecimiento del lechón depende del consumo diario de nutrientes, que es una reflexión de los efectos combinados de la concentración de nutrientes aportados por la dieta (densidad de nutrientes) y del consumo diario de alimento. Sin embargo, después del destete el consumo de alimento es bajo y denso en nutrientes, por lo tanto, las dietas altamente digeribles son necesarias para lograr un adecuado consumo diario. A medida que se incrementa el consumo de alimento y la competencia digestiva del lechón, la concentración de nutrientes o la especificación de la dieta puede reducirse gradualmente sin comprometer el incremento de las necesidades de nutrientes. Por lo tanto, es frecuente proveer una serie de dietas con diferentes fases después del destete. Con estas fases se asegura que se está aportando los nutrientes mínimos necesarios.

4.4.1 Requerimientos de energía y lisina

Comparado con el cerdo en crecimiento y finalización, existe una duda en estimar los requerimientos de nutrientes del lechón post-destetado cuando el cambio en peso es variable, la respuesta inmunológica impredecible y la integridad del tracto gastrointestinal posiblemente comprometida. Se debe prestar atención al seleccionar la calidad de los ingredientes, así como la palatabilidad y digestibilidad de estos.

Un régimen de 3 dietas es ofrecido normalmente al lechón entre el destete y 25-30 kg de peso corporal (Tabla 5.4.1). Con esto no solo se aseguran las necesidades del animal para su desarrollo a medida que el apetito se incrementa, si no también esta práctica asegura un mínimo desperdicio y excreción de nutrientes caros, por lo tanto, se reduce la contaminación. Utilizando diferentes dietas también se asegura un mejor costo beneficio.

Cuadro 5.4.1. Especificaciones de las dietas sugeridas para lechones destetados.

	<i>Iniciadores</i> 7-10 kg	<i>Destete-1</i> 10-17 kg	<i>Destete-2</i> 17-25/30 kg
Energía, MJ ED/kg	16,0 – 17,0	15,0 – 15,5	14,5 – 15,0
Lisina, total, g/kg	16,5	15,3	14,0
Consumo (objetivo) kg/cerdo	3-4	8-10	15-20

4.4.2 Requerimientos de aminoácidos esenciales

Ya que se conoce el contenido de lisina, calcular el contenido en la dieta para otros aminoácidos esenciales es un procedimiento simple, basados en el concepto de “proteína ideal” (Tabla 5.4.2).

Cuadro 5.4.2. Requerimiento de aminoácidos de lechones destetados.

Lisina (total)	% respecto a lisina		Concentración en la dieta a diferentes contenidos de lisina (g/kg)	
	100	16,5	15,3	14,0
Metionina	30	5,0	4,6	4,2
Metionina + Cistina	56	9,2	8,6	7,8
Treonina	63	10,4	9,6	8,8
Triptófano 1	19	3,1	2,9	2,7
Isoleucina	57	9,4	8,7	8,0
Leucina	100	16,5	15,3	14,0
Histidina	34	5,6	5,2	4,8
Fenilalanina	57	9,4	8,7	8,0
Fenilalanina + Tirosina	100	16,5	15,3	14,0
Valina	70	11,5	10,7	9,8

Los valores están arriba del requerimiento "total"; para convertir a valores de "digestibilidad ileal" se debe multiplicar por 0,851

Altos niveles de triptófano pueden incrementar ligeramente el consumo de alimento.

4.4.3 Aminoácidos no esenciales

Existen 10 aminoácidos no-esenciales que pueden ser sintetizados en cantidades suficientes en el cuerpo. Los requerimientos mínimos para estos aminoácidos no-esenciales pueden ser estimados con 2,5 veces la suma de los once aminoácidos esenciales. Sin embargo, ha habido un interés en particular por L-glutamina. Glutamina es el principal combustible metabólico requerido por los enterocitos de las vellosidades para apoyar el metabolismo del enterocito, así como la estimulación y función del intestino delgado.

Esto es de relevancia específica para el cerdo destetado en el momento en que el aporte de glutamina de la leche desaparece y el aporte endógeno del músculo y plasma es inadecuado para mantener la integridad de las vellosidades. Suplementar la dieta del lechón destetado con glutamina puede entonces ofrecer un medio para incrementar la arquitectura y función del intestino después del destete.

4.4.4 Requerimientos de minerales

Las recomendaciones de minerales para el lechón destetado se muestran en la Tabla 5.4.3. Estas cantidades son para añadirse por kg de la dieta.

Cuadro 5.4.3. Cantidades de minerales permitidas en lechones (por kg dieta).

Calcio	9	g/kg
--------	---	------

Fosforo	7	g/kg
Fosforo (disponible)	4,5	g/kg
Sal	6,0	g/kg
Potasio	3,0	g/kg
Magnesio	400	mg/kg
Hierro	150	mg/kg
Zinc	100	mg/kg
Manganeso	50	mg/kg
Cobre	10	mg/kg
Iodo	1,0	mg/kg
Cobalto	0,5	mg/kg
Selenio	0,3	mg/kg
Cromo	400	mg/kg

1 Altos niveles de triptófano pueden incrementar el consumo de alimento

4.4.4.1 Minerales y capacidad acido-unirse (ABC) de la dieta

Las dietas altamente digeribles están normalmente compuestas de ingredientes que tienen una capacidad de unirse al ácido, esa es la unión producida con el HCL en el estómago y como consecuencia el pH se puede incrementar. A este respecto, las fuentes minerales alcalinas son las culpables, aunque son fuentes de proteína altamente disponibles, como leche en polvo descremada y harían de pescado, también pueden contribuir.

El elemento mineral más activo que afecta la capacidad de unirse a un ácido es el calcio y niveles altos de calcio pueden predisponer al lechón a desordenes digestivos. Por lo tanto, es importante mantener el contenido de calcio en la dieta a aproximadamente 9g/kg; niveles superiores a este pueden ser perjudiciales. La capacidad de unirse al ácido de la dieta debe ser revisada y las tablas muestran el ABC de diferentes ingredientes que están disponibles (Tabla 5.4.4).

Cuadro 1 Cuadro 5.4.4. Capacidad de unión al ácido (ABC) de varios ingredientes comúnmente usados

Leche descremada (acidificada)	3,07
Leche descremada (fresca)	7,12
Trigo	8,99
Cebada	9,97
Avena	10,54
Levadura	30,10

Pasta de soya	50,68
Harina de pescado	60,38
Leche descremada (deshidratada)	66,37
Premezcla mineral (35 g P)	1260,50
Iniciadores para lechones destetados	28,0

ABC es la cantidad de HCL (mmol) requerido por 100g para alcanzar un pH of a (Bolduan et al., 1988)

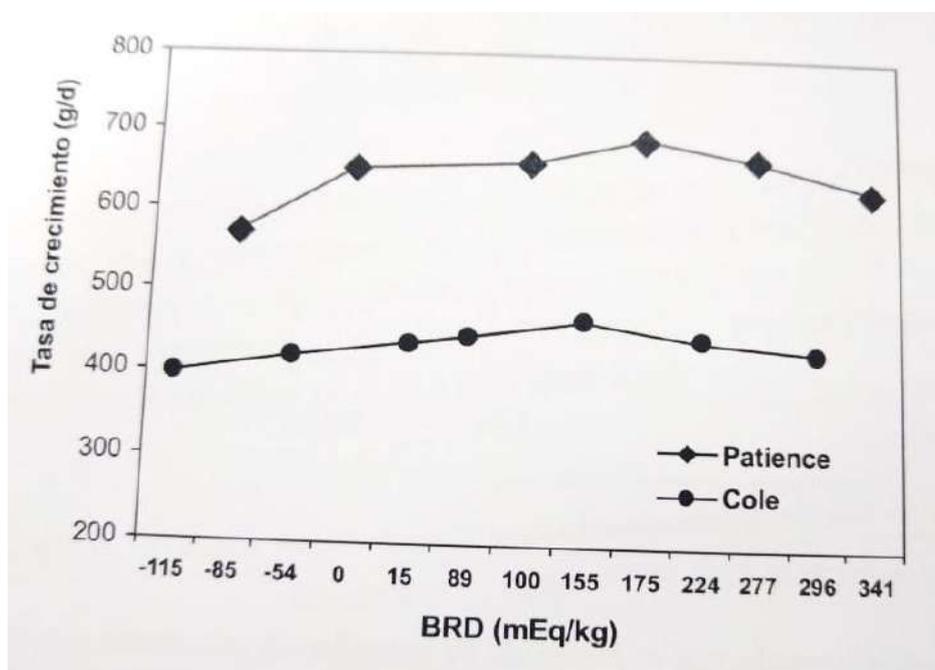
Alternativamente, uno puede calcular el ABC de los elementos principales que contribuyen al balance electrolítico de la dieta (BED), de sodio (Na), potasio (K) y cloro (Cl) como se muestra a continuación:

$$\text{BED (mEq/kg)} = \text{Na (g/kg)} \times 100/23 + \text{K (g/kg)} \times 1000/39 - \text{Cl (g/kg)} \times 1000/35.5$$

Para lechones, el valor BED de 150 – 200 mEq por kg es deseable para un óptimo crecimiento y salud, como se evidenció en los resultados de los dos experimentos presentados en la Figura

5.4.1

Figura 5.4.1 Efecto del balance electrolítico de la dieta sobre la tasa de crecimiento en cerdos ((Patience, 1989)).



4.4.5 Minerales Inorgánicos vs orgánicos

En el pasado, la mayoría de los minerales se añadían como fuentes inorgánicas. Sin embargo, ha habido una preocupación acerca de la disponibilidad de estos minerales, especialmente los minerales trazan, y las grandes cantidades que son excretadas, causando contaminación

ambiental. Ha habido un gran interés de ambos, la perspectiva de producción y ambiental, en utilizar minerales orgánicos o proteinatos.

4.4.5.1 Cobre y Zinc

El cobre (Cu) y el zinc (Zn) son de particular preocupación ya que son administrados a niveles “farmacológicos” y muy por arriba de las necesidades fisiológicas del animal. De hecho, es común incluir 175 mg de Cu como sulfato de cobre por kg de alimento y 3 kg de óxido de zinc por tonelada de alimento para promover la tasa de crecimiento y reducir irritación y diarrea en el periodo de post-destete. Por lo tanto, grandes cantidades son excretadas, originándose contaminación del suelo y del agua.

Estudios recientes han comparado los niveles altos de Cu y Zn inorgánico en la dieta con niveles reducidos de minerales orgánicos (Bioplex TM). Los estudios sugieren que adicionando 50-100 mg de Cu como Bioplex Cu a los lechones estos muestran un desempeño similar que añadiendo 175-250 mg Cu como CuSO₄, con una considerable menor excreción de Cu (Tabla 5.4.5).

Cuadro 5.4.5. Efecto de la fuente y nivel de cobre en el comportamiento productivo del lechón (6-18 kg).

	<i>Dieta basal</i>	<i>CuSO₄</i>	<i>Bioplex TM Cu</i>			
Nivel de cobre (ppm)	250	25	50	100	200	
Consumo de alimento, g/d	558	538b	597	606a	611a	597
Tasa de crecimiento, g/d	365	344b	389	419a	407	405
Consumo: ganancia, g/g	1,53	1,56	1,53	1,45	1,50	1,47

Valores con diferente letra son diferentes significativamente (p<0,05)

Estudios con zinc orgánico han demostrado que de 100-250 mg de Zn como Bioplex TM Zn dieron un desempeño similar o mejor cuando se comparó con la adición de 2-3 kg de ZnO/ton de alimento (Tabla 5.4.6). De hecho, en un estudio reciente en el Oeste de Australia, el Dr. Bruce Mullan y colegas demostraron que adicionando de 100 o 250 mg de Zn como Bioplex Zn mostró mayor desempeño a aquella con 2-3 kg de ZnO por tonelada de alimento. Hubo una reducción significativa de 4 a 5 veces en la excreción fecal de zinc (Figura 5.4.2).

Cuadro 5.4.6. Fuente de Zinc y comportamiento productivo del lechón

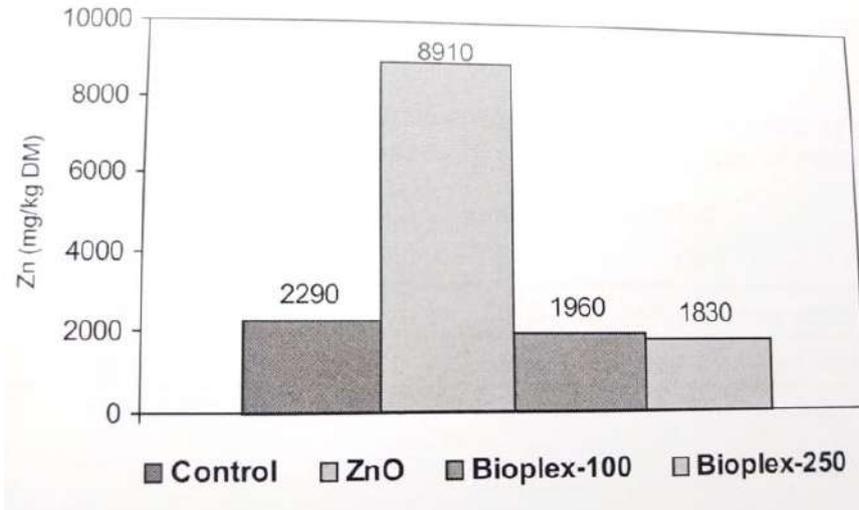
	<i>Controle</i>	<i>ZnO</i>	<i>Bioplex-100</i>	<i>Bioplex-250</i>
Consumo, g/d	552	525	556	575
Tasa de crecimiento, g/d	367 ^a	389b	405b	427c
Consumo: ganancia g/g	1,58	1,38	1,36	1,37

Mortalidad (%) | 1,9 0,9 1,9 2,9

Valores con diferente letra son diferentes significativamente ($p < 0,05$)

(Mullan et al., 2002)

Figura 5.4.2. Fuente de Zinc y excreciones fecales de zinc (Mullan et al, 2002)

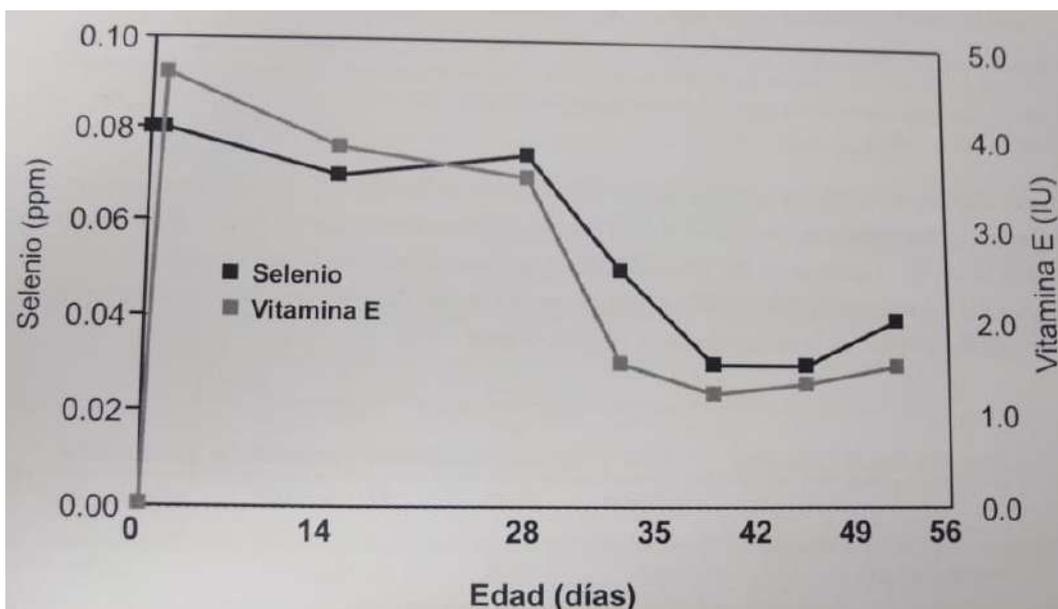


Elaborado por: 43 El Autor (2023) en referencia al trabajo de (Mullan et al., 2002)

4.4.5.2 Selenio

Es bien reconocido que ambos, el selenio y vitamina E, actúan como antioxidantes dentro del organismo. Sin embargo, después del destete hay una rápida baja en los niveles del suero y tejido como se indica en la Figura 5.4.3. Si los valores llegan muy bajo, los síntomas de deficiencia se pueden presentar y posiblemente originen una muerte súbita debido a la enfermedad del corazón de mora.

Figura: 7 Figura 5.4.3 Niveles séricos de selenio e tocoferol en leitoes.



La forma de selenio puede ser importante, el nivel de selenio en tejido y lomo fueron menores se utilizó fuentes inorgánicas en lugar de selenio orgánico de la levadura de selenio en dietas de cerdas. Adicionar levadura de selenio de Sel-Plex TM originó el doble del estatus de selenio del lechón en ambos, nacimiento y destete, cuando se comparó con fuentes inorgánicas, como es el caso de selenito de sodio (Tabla 5.4.7). Esto sugiere que el lechón entra en el periodo de post-destete con un estatus superior de selenio y por lo tanto el riesgo de deficiencia es reducido, minimizando la enfermedad de corazón de mora. El estatus inmunológico del lechón también es incrementando, originando una reducción en la mortalidad y un mejor desempeño del lechón.

Cuadro 5.4.7. Efecto del selenio inorgánico (Selenito de Na) o selenio orgánico (Sel-Plex) sobre el estatus de Se a los 21 días de edad en lechones.

	Selenito de Na (ppm)		Sel-Plex (ppm)	
	0,1	0,3	0,1	0,3
Selenio en Musculo, ppm	0,101	0,121	0,129	0,244
Selenio en hígado, ppm	0,352	0,388	0,353	0,509

Mahan and Kim, 1996

4.4.6 Requerimientos de vitaminas

El nivel de inclusión recomendado de vitaminas en la dieta del lechón destetado se muestra en la Tabla 5.4.8.

Cuadro 5.4.8. Recomendación de requerimiento de vitaminas para lechones (por kg de dieta)

Vitamina A	15.000	IU/kg
Vitamina D	2.000	IU/kg
Vitamina E	100	IU/kg
Vitamina K	2	mg/kg
Tiamina (B1)	2	mg/kg
Riboflavina (B2)	6	mg/kg
Niacina	30	mg/kg
Piridoxina (B6)	4	mg/kg
Cianocobalamina (B12)	0,04	mg/kg
Ac. Pantoténico	15	mg/kg
Biotina	0,1	mg/kg
Ac. Fólico	1,5	mg/kg
Colina	200	mg/kg

Bajo condiciones específicas, puede ser necesaria una suplementación de vitaminas mayor a los niveles sugeridos.

Vitamina D: El requerimiento de esta vitamina debe ser mayor en aquellas dietas con bajo contenido de fósforo.

Vitamina E: Una suplementación de 200 IU/kg es necesario cuando los cerdos son amenazados por varias enfermedades o cuando la capacidad antioxidante debe ser mayor. La vitamina E debe ser añadida a una tasa de inclusión de 30 mg/kg por cada 1% de ácidos grasos poliinsaturados en la dieta.

4.5 REQUERIMIENTOS DE AGUA

Cuando los lechones son destetados deben aprender a distinguir entre los instintos fisiológicos del hambre y la sed, ya que durante la lactación ellos obtienen ambos, agua y nutrientes, de la leche de la cerda. También tienen que aprender a satisfacer estos instintos consumiendo agua y alimento sólido por separado. La cantidad de alimento que el lechón consumirá está determinada por la cantidad de agua que ingiere y no en caso contrario.

El consumo de agua y el tiempo que toman los lechones destetados en su primera toma de agua es variable. El promedio por lechón es de 24 horas para encontrar el bebedero, pero a una gran proporción le toma 2 días o más. Algunos les tomará más de una semana para restablecer los niveles de agua que tenían antes de ser destetados. Entonces el cerdo puede deshidratarse seriamente por un periodo prolongado de tiempo y esto puede afectar el balance homeostático y electrolítico, y bajo condiciones severas, puede originar un envenenamiento por sal. Un buen aporte y consumo de agua es también necesario para mantener la arquitectura de las vellosidades y la integridad gastrointestinal. El diseño del bebedero, la posición y número de bebederos en la corraleta contribuyen en cuanto agua están consumiendo los lechones.

Muchos factores influyen en los requerimientos del agua, incluyendo el peso corporal, consumo de alimento y condiciones climáticas y ambientales. En la Tabla 5.5.1 se muestra una idea de los requerimientos de agua, se muestra la altura del niple del bebedero y la tasa de flujo necesaria.

Cuadro 5.5.1. Requerimiento de agua para el lechón: ajuste de altura y flujo de bebederos

	Requerimiento de agua	Altura del bebedero del lechón	Flujo de agua
	(l/día)	(m)	(l/min)
Primer etapa del lechón	0,5	0,30	0,5
Segunda etapa del lechón	1,0	0,45	1,0

Los bebederos de niple son comúnmente utilizados para proveer agua a los lechones recién destetados. Sin embargo, los resultados en la Tabla 5.5.2 indican que el desempeño del lechón (21 a 42 días de edad) pueden estar directamente relacionado con la tasa de flujo de agua. En este experimento, los lechones destetados no incrementaron la cantidad de tiempo en el bebedero en orden de optimizar su consumo de agua. A medida que la tasa de flujo se incrementaba, los lechones permanecían menos tiempo tomando agua y el consumo de alimento se incrementó en un 17%. Como consecuencia, la tasa de crecimiento se incrementó en 19% y en lugar de pesar el lechón 10 kg a los 42 días de edad, pesó 11 kg y continuo con un mejor desempeño.

Cuadro 5.5.2. Efecto del flujo de agua

Flujo de agua (l/min)	0,18	0,35	0,45	0,70
Tiempo de consumo de agua, min	4,5	3,0	2,9	2,30
Agua usada, l/d	0,8	1,0	1,3	1,6
Consumo de alimento, g/d	300	320	340	350
Ganancia diaria, g	210	235	250	250
Conversión de alimento, g/g	1,48	1,39	1,37	1,42

A los lechones les toma tiempo localizar y aprender a usar los bebederos de niple en su nuevo hogar. Sin embargo, el consumo de agua después de destete puede incrementarse significativamente si se utilizan baldes con agua bien posicionados o de hecho bebederos para pavos en el piso en lugar de bebederos de nicle. El lechón encuentra rápidamente la fuente de agua y su necesidad es cubierta. Los resultados son un incremento en consumo de alimento y por lo tanto un incremento de la tasa de crecimiento (Tabla 5.5.3).

Cuadro 5.5.3. Tipo de bebedero y comportamiento del lechón

	<i>Experimento 1 (7-16 kg)</i>		<i>Experimento 2 (6-23 kg)</i>	
	Testigo	Bebedero de pavos	Testigo	Bebedero de pavos
Consumo de alimento, g/d	402	450	686	739
Tasa de crecimiento, g/d	350	384	388	427
Conversión, g/g	1,15	1,17	1,77	1,73

En el periodo de post-destete, lechón quizás tome agua en lugar de comer alimento y por lo tanto es más sensible y efectivo añadir alguna medicación requerida al agua en lugar del alimento.

Algunos consejos prácticos para proporcionar agua a los lechones destetados

- Limpiar el sistema de agua antes de que lleguen los lechones.
- Revisar que todos los bebederos funcionen.
- Revisar/limpiar los bebederos diariamente.
- Asegurar el acceso fácil e ilimitado a los bebederos.
- Asegurar una tasa de flujo adecuada: 0,5-1,0 l/minuto.
- Hacer pruebas de calidad del agua para contaminantes microbios, minerales.
- Revisar el nivel de sal: el agua salada disminuye el consumo.
- Ayude a los lechones a encontrar el agua: bebederos en el piso.
- Actuar en contra de la deshidratación: asegúrese que todos los lechones beban.
- Monitorear consumo de agua.
- Revisar que los lechones no “beban mucho”; consumirán menos alimento y su balance electrolítico se puede distorsionar.

Puntos clave que hay que tomar en cuenta cuando se considera un aporte de agua:

- Las corraletas deben de tener al menos dos bebederos sin importar el número de cerdos.
- Los lechones criados en grupos grandes (>100) necesitan tener un bebedero por 10 cerdos.
- Tener bebederos extra (e.g. bebederos para pavos) para la primera semana para promover el consumo de agua, ya que los lechones no están acostumbrados a los bebederos de niple.
- Los bebederos deben de estar diseñados para evitar el mínimo desperdicio.
- La ubicación correcta, posición y altura del bebedero en la corraleta es crucial.
- Un consumo de agua bajo puede originar deshidratación.
- Revisar los bebederos a diario, especialmente si se han adicionado aditivos al agua. Estos pueden promover crecimiento de bacterias que pueden bloquear los bebederos.

La calidad del agua es importante y una guía se muestra en la sección 2.7. Si el agua tiene un sabor pobre, se pueden adicionar acidificantes, saborizantes o endulzantes para incrementar el consumo de agua y por ende de alimento (Tabla 5.5.4). Sin embargo, si el agua tiene buenas

características de sabor, la adición de saborizantes puede causar un sobre consumo de agua en detrimento del consumo de alimento (Barber,1992)

Cuadro 5.5.4. Efecto de endulzantes en el consumo de agua (l/día) de lechones.

	<i>Testigo</i>	<i>Palasweet</i>	<i>Palasweet Plus</i>
Días 1-3	1,23 a	1,63b	1,65b
Días 4-7	199 ^a	2,25ab	2,62b
Días 8-16	6,99	7,30	7,51

Elaborado por: 44 El Autor (2023) en referencia al trabajo de (P. Brooks & Tsourgiannis, 2003)

Valores con diferente literal presentan diferencias significativas (P<0,05)

4.6 PRESENTACIÓN DEL ALIMENTO

No solo es cuestión de proveer el aliento correcto, debe de estar en la forma aceptable para el lechón y hoy en día es sabido que la forma física puede influir sobre el desempeño.

4.6.1 Alimento seco

Ambos, harinas y pelets, pueden usarse, aunque son mejores los peletizados porque reducen el desperdicio entre otros factores. La calidad del pelet puede influir significativamente en el consumo y desempeño y es importante que el pelet sea de buena calidad, con un mínimo de finos. El mejor desempeño se logra con un tamaño de pelet de 2,0-2,5 mm.

La alimentación con pelets, comparado con la harina, reduce el desperdicio de alimento y menos polvo en el ambiente. El proceso de peletizado incrementa la digestibilidad per se y generalmente el contenido de ED es mayor en un 2-3% comparado con el de la harina. Debe tenerse cuidado para asegurar que la dieta no se sobrecaliente, ya que esto causa caramelización y desnaturalización de la dieta debido a ingredientes específicos utilizados. También produce una excesiva dureza en el pelet la cual reducirá el consumo y el crecimiento potencial.

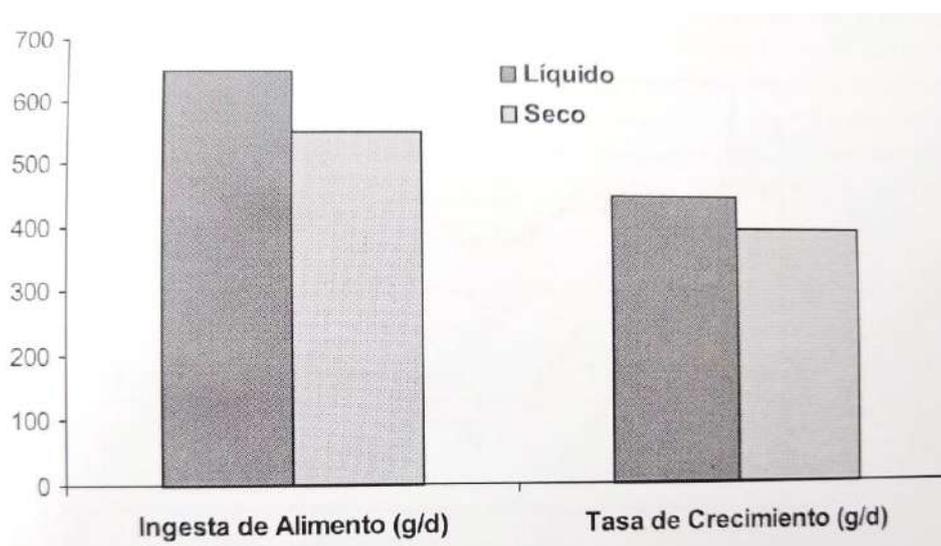
Generalmente, las dietas de cerdos, especialmente las dietas iniciadoras, pueden ser extruidas o expandidas, micronizadas o cocidas con vapor. Esto ofrece un numero de ventajas potenciales, especialmente al almidón componente de la dieta. La idea es romper o gelatinizar las células del almidón en los granos de los cereales, permitiendo al sistema digestivo inmaduro del lechón utilizarlos mejor. Algo del almidón en los cereales es gelatinizado en el proceso natural y físico, como es el molido o rolado, se sabe que se incrementan estos niveles. El tratamiento con calor incrementa el proceso de gelatinización. El mayor incremento se ha visto en trigo, seguido de cebada, con el menor incremento con maíz.

4.6.2 Alimentación líquida

Generalmente es aceptado que el consumo, tasa de crecimiento, eficiencia alimenticia y salud de los lechones destetados alimentados en forma líquida, o con la adición de agua, es mejor que los lechones alimentados con la forma seca.

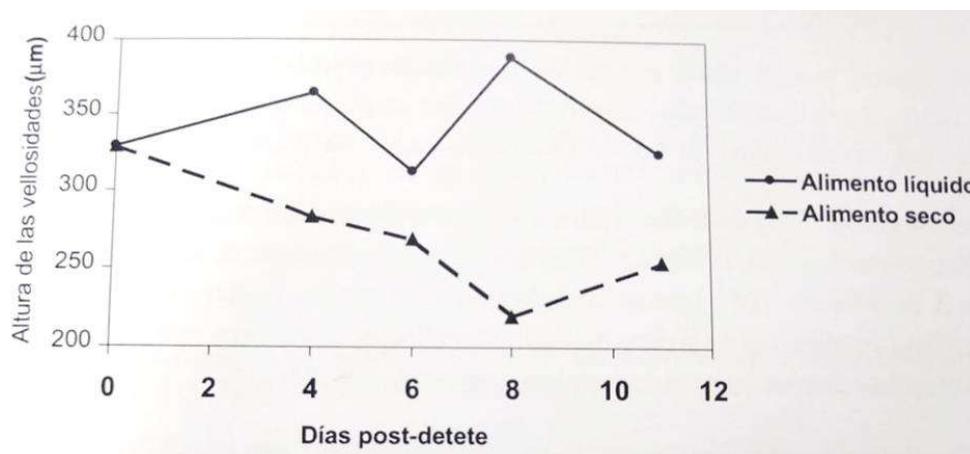
El contenido de materia seca del alimento líquido es 23% y es comparable con el de la leche de la cerda. Esto provee una dieta más cercana a la de las necesidades de los nutrientes y agua de los lechones. Como consecuencia, los lechones comen más y crecen a una tasa más rápida, con similar eficiencia alimenticia. En el ejemplo presentado en la Figura 5.6.1, hubo un 13% de incremento en el consumo de alimento y un 12% de incremento en la tasa de crecimiento.

Figura 5.6.1 Efectos de la alimentación líquida y tasas de crecimiento (P. Brooks & Tsourgiannis, 2003)



La alimentación líquida ha demostrado que incrementa tanto la integridad, así como el estatus de salud del tracto gastrointestinal (TGI) de los cerdos. Proporciona condiciones favorables para la actividad enzimática y mejora la digestión y absorción de nutrientes.

Figura 5.6.2 Efecto de alimentación y altura de vellosidades (μm) después del destete (Deprez et al., 1987)



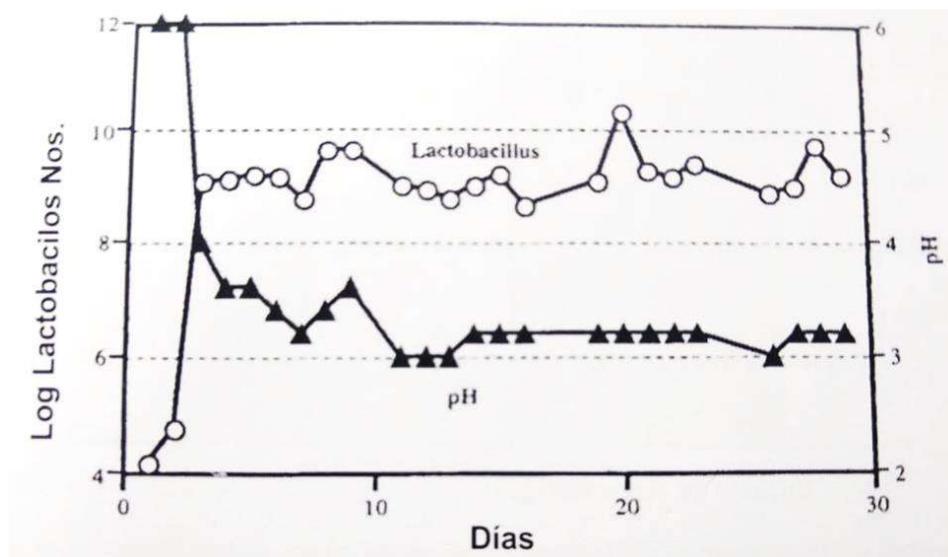
Es reconocido hoy en día que el alimento húmedo ayuda a mantener la integridad del tracto gastrointestinal, con menor daño a la estructura intestinal. Comparado con cerdos alimentados con alimento seco, la altura de las vellosidades en lechones con alimento líquido permanece relativamente sin cambio después del destete (Figura 5.6.2).

4.6.3 Alimentación con líquidos fermentados

Recientemente ha habido mucho interés en la alimentación con líquidos fermentados. En este caso, el alimento líquido es cuidadosamente fermentado en un medio controlado durante un periodo de 2 días para reducir el pH a 4. Esto se hace adicionando un inoculante de bacterias iniciadoras, algunas enzimas y ácidos orgánicos y manteniendo la temperatura a 25°C. Debe tenerse cuidado para evitar la contaminación y trabajar en lugares limpios es imperativo.

El alimento líquido fermentado está compuesto por un gran número de bacterias ácido-lácticas, un gran número de levaduras, bajo pH y alto contenido de ácido láctico (Figura 5.6.3). El alimento líquido fermentado ha mostrado que mejora el consumo de alimento significativamente, particularmente durante las primeras 3 semanas después del destete, aunque los valores de eficiencia alimenticia fueron muy pobres (Tabla 5.6.1).

Figura 5.6.3 Relación entre número de lactobacilos y pH del sistema de alimentación líquida (P. H. Brooks & Burke, 1998)



Cuadro 5.6.1. Efecto de la alimentación con pelet seco o con alimento líquido fermentado en el comportamiento productivo del lechón.

Trial	Pelet seco		Alimento liq. fermentado	
	1	2	1	2
Consumo de alimento, g MS/día	443	545	807	654
GDP, g/día	343	428	397	454
Conversión, g MS/g	1,29	1,27	2,03	1,44

Elaborado por: 45 El Autor (2023) en referencia a (Deprez et al., 1987)

El efecto de presentar a los lechones alimento ya sea seco, en forma líquida o líquido fermentado, ha sido recientemente revisado (Tabla 5.6.2). Los resultados muestran que, en cerdos destetados, la tasa de crecimiento se mejoró en promedio 12,3% como resultado de presentar el alimento líquido en lugar de la forma seca y en 13,4% en la forma líquida fermentada. Como se mencionó anteriormente, la eficiencia de la conversión alimenticia fue en alguna forma más pobre en las formas líquidas que en la forma seca.

Cuadro 5.6.2. Incremento (%) en la GDP y la eficiencia en conversión de cerdos alimentados con dieta seca (DS), dieta líquida (DL) o con dieta líquida fermentada (DLF).

	Nº de experimentos	GDP		Eficiencia en la conversión de alimento	
		Media	Rango	Media	Rango
DL vs RS	10	+12	-8 a +34	-4	-33 a +10
DLF vs RS	4	+22	+9 a +44	-11	-44 a +6
DLF vs DL	3	+13	+6 a +23	-1	-5 a +1

Jensen and Mikkelsen, 1998

Alimentar en forma líquida causa cambios en el pH y la flora microbiana del intestino. Científicos Daneses compararon alimento líquido fermentado y no fermentado y mostraron que el pH, así como la concentración de ácido láctico, en el estómago y trasto superior fue mucho mayor en el alimento fermentado que en el no-fermentado. La proporción de bacterias ácido-lácticas fue mayor y la proporción de coliformes menor (Figura 5.6.4).

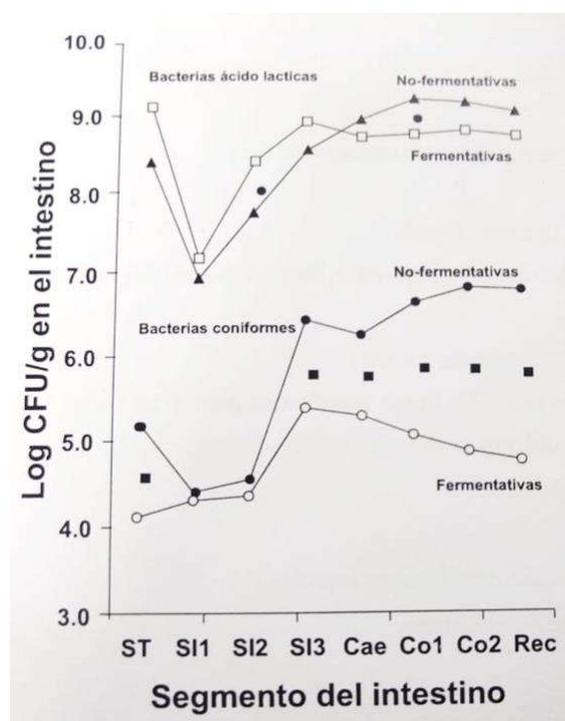


Figura 5.6. 4. Efectos de la alimentación líquida fermentada en la concentración de bacterias ácido-lácticas y coniformes en varias regiones del tracto GI del lechón (Jensen, 1999)

Efectos benéficos de la alimentación líquida fermentada

- Mantiene el pH dentro del estómago bajo.
- Mantiene el crecimiento del epitelio del intestino.
- Las bacterias ácido-lácticas tienen un efecto benéfico en la microflora del intestino bajo.
- La acidificación de las dietas ayuda a controlar patógenos en las mismas y en el intestino del cerdo.
- Mejorar la higiene en el alimento.
- Mas flora microbiana favorable en el intestino.
- Reducción de irritación y diarrea.
- Mejorar estatus de salud del animal.
- Mayor consumo de alimento.
- Mayor tasa de crecimiento.

Conclusiones

La alimentación de lechones en forma líquida parece ser superior a la forma seca y provee las siguientes ventajas:

- Los lechones comen más.
- Los lechones crecen mejor.
- Mejor estatus de salud, menor irritación.
- Oportunidad de usar alimentos baratos.
- Mejor control ambiental, menos polvo.

El alimento líquido en lechones destetados debe ser considerado cuando:

- Ya se tenga confianza en usar los sistemas de alimentación en forma líquida.
- Se tengan que construir nuevas instalaciones.
- Se tengan acceso a fuente de subproductos baratos.

Para implementar la alimentación líquida:

- Asegurar que el tamaño de partícula en la harina o pelet sea relativamente fino.
- Mantener la materia seca debajo de 25%.
- Inicialmente proveer alimento seco además de la forma líquida.
- Ofrecer muy poco líquido el primer día (20% del consumo esperado), luego incrementar gradualmente.
- Equipo limpio, pero no sobre esterilizar.

- Mantener buena higiene; evitar micotoxinas y otros contaminantes.

En una encuesta con productores Australianos conducida por el Dr Frank Dunshea de Australia Pork Ltd, algunas de las inquietudes de los productores con lechones destetados utilizando alimento líquido fueron:

- Costo de transporte de líquido y otros subproductos.
- Sistemas adecuados de entrega.
- Falta de entendimiento del proceso de fermentación de alimentos líquidos.
- Personal adecuadamente entrenado capaz de operar el sistema.

Alguna idea de la duración en el comedero Hopper en relación con peso corporal y método de alimentación se puede apreciar en la Tabla 5.6.3.

Cuadro 5.6.3. Tolva/ longitud del canal con relación al peso corporal y método de alimentación.

Peso corporal (kg)	Alimentación restringida	Alimentación Ad libitum
5 (desmame)	100 mm	75 mm
10	130 mm	33 mm
15	150 mm	40 mm
20	175 mm	40 mm
35	200 mm	50 mm

Elaborado por: 46 El Autor (2023) en referencia a lo propuesto por (Muirhead, 1997)

4.6.4 Elección del menú de alimentación

Existe un gran interés en la elección del menú de ingredientes, donde una serie de dietas diferentes en la especificación de nutrientes son ofrecidas al animal. La teoría es que los requerimientos de nutrientes cambian, el animal es capaz de diferenciar y escoger la dieta apropiada. Normal mente, de 2 a 4 dietas son ofrecidas en diferentes periodos de crecimiento y a medida que el animal crece y se desarrolla, y su apetito se incrementa, escoge más de la especificación de nutrientes en la dieta. Esto parece ofrecer ventajas a la producción, economía y medio ambiente.

Estudios que han sido realizados muestran resultados ambientales, algunos lechones escogen proporciones de diferente especificación que fueron apropiados para sus necesidades metabólicas, mientras otros no. Entonces puede depender en otros factores, como el tipo de corraleta y el diseño y accesibilidad de alimento y agua. La pregunta se mantiene “¿Los lechones escogieron por escoger o por oportunidad?”

4.7 INGREDIENTES DE LA DIETA

4.7.1 Elección de ingredientes

La necesidad de lograr un consumo de alimento y eficiencia alto de la utilización de nutrientes sin provocar diarrea necesita dietas para cerdos en iniciación que son altamente digestibles y palatables. El objetivo de formular dietas iniciadoras es ayudar en la transición de la leche de la cerda, donde la grasa es la principal fuente de energía, a una dieta seca donde la energía proviene de almidón y fuentes de grasa. La proteína tiene que ser aportada, pero las fuentes varían de país a país.

Algunos criterios para la selección de ingredientes en dietas para lechones se muestran en la tabla 5.7.1. De hecho, seleccionar los ingredientes apropiados es la clave para el éxito en la alimentación de los lechones.

Cuadro 5.7.1. Criterios para seleccionar ingredientes para lechones.

- Debe ser altamente palatable ➡ buen consumo
- Debe ser fácilmente absorbido y digerido.
- Debe satisfacer las necesidades nutricionales del lechón.
- No debe contener factores anti nutricionales.
- La selección de ingredientes debe ser sensible a los cambios en el desarrollo del tracto digestivo.
- Debe permitir y ayudar a un buen desarrollo del intestino.
- Prevenir el amasiado / diarreas en lo posible.
- Estimular al sistema inmune.
- Promover la salud intestinal y en general.

4.7.2 Fuentes de energía

Una lista de fuentes de energía comúnmente utilizadas se puede observar en la Tabla 5.7.2. La habilidad del lechón recién destetado para digerir el almidón es limitada y la mayoría de los cereales están procesados (extruidos, expandidos y micronizados) para ayudar a la hidrólisis enzimática fragmentando el grano. De todos los cereales que se pueden utilizar en las dietas iniciadoras para lechones, el almidón de la avena cocida y el maíz rolado parecen ser los de más fácil digestión y estos son normalmente incluidos en las dietas de la primera etapa. Cereales molidos como el trigo y la cebada, pueden ser incluidos en la segunda etapa. Las grasas son también adicionadas, se estima que la energía derivada de los aceites y grasas es 20-25%. La digestibilidad de las grasas es mejorada cuando el largo de la cadena es corta y el

grado de instauración es alto. Por lo tanto, los aceites vegetales son mejores que las grasas animales en las dietas ofrecidas después del destete.

Para poder ayudar en la transición de la leche de la cerda a una dieta predominante basada en cereales, el contenido de lactosa en la dieta de iniciación debe ser 10-15%, y disminuyendo a 0-5% en la dieta final de destete.

Cuadro 5.7.2. Fuentes de energía comúnmente usada en lechones

Cereales	Soya	Aceites	Subproductos
Maíz	Lactosa	Soya	Maíz
Trigo	Sucrosa	Coco	Avena
Avena	Glucosa	Sebo o manteca	Caña de azúcar
Cebada			Desperdicios de panaderías

4.7.3 Fuentes de proteína

Una lista de fuentes de proteína comúnmente utilizadas se muestra en la Tabla 5.7.3. Leche en polvo, como leche descremada, y suero de polvo deberían formar una gran proporción de la proteína en las dietas iniciadoras en la primera etapa. Esto puede disminuirse gradualmente y la proporción de fuentes de proteína primero animal, y luego vegetal, se puede incrementar a medida que el lechón crece y se desarrolla.

Cuadro 5.7.3. Fuentes de proteína para dietas en lechones.

Leche	Vegetales	Animal / pescado	Cereales	Otras
Leche descremada	Soya	H. carne y hueso	Maíz	Aminoácidos
Suero de leche	Productos de soya	Harina de sangre	Trigo	Levaduras
Leche deslactosada	Proteína de papa	Proteína de plasma	Cebada	
Proteína de suero	Gluten de trigo	Proteína de huevo	Avena	
Caseína	Gluten de maíz	Harina de pescado	Harina de trigo	
	Canola	Harina de pluma	Arroz	
	Leguminosas			

Por años, se ha utilizado la proteína de origen animal como la leche y pescado sin cuestionamiento. Sin embargo, la prohibición de uso de proteínas de origen animal en varios

países, y la disminución de la disponibilidad de la harina de pescado, ha renovado interés para buscar alternativas para estas fuentes de proteína.

4.7.3.1 Extracto de levadura como fuente de proteína

Una alternativa interesante y promisoría es el “extracto de levadura”. Es alta en proteína cruda y tiene un buen balance de aminoácidos. De hecho, una gran proporción de las fracciones proteicas de la levadura se encuentra en la forma de péptidos biológicamente activos. Algunos de estos péptidos tienen propiedades antimicrobiales o antivirales, mientras que otras mejoran la palatabilidad del alimento o estimulan el sistema inmunológico de los animales. Estas son consideraciones importantes cuando se formulan dietas para lechones. El extracto de levadura también es una buena fuente de nucleótidos y ácido glutámico, así como también provee una variedad de vitaminas y minerales en forma de bioplexes.

Un estudio comercial reciente del Comité Nacional para la Producción Porcina (Maribo *et al.*, 2003), en el Consejo Danés de Tocino y Carne, evaluaron el producto de levadura Nupro como una alternativa de fuente de proteína de fácil digestión en lechones. Ellos reemplazaron harina de pescado y suero en polvo con 2,5% de Nupro en las dietas, hubo 6,5% de mejora en consumo de alimento y la tasa de crecimiento durante el experimento, con niveles similares en eficiencia alimenticia. La tasa de mortalidad fue de 4,8% en el grupo control, comparado con solo el 1,4% en el grupo con Nupro (Tabla 5.7.4). El cálculo de valor de producción, que está basado en la diferencia entre el valor de la ganancia de peso corporal y el costo del alimento, mostraron que el valor del índice para el grupo con Nupro fue 105, comparado con 100 para el grupo control (p<0,08). Resultados similares han sido obtenidos en un estudio reciente en Suiza (Spring, 2003).

Cuadro 5.7.4. Comportamiento productivo de lechones con y sin Nupro.

	<i>Consumo de alimento (kg/d)</i>	<i>GDP (g/d)</i>	<i>Conversión (g/g)</i>	<i>Mortalidad (%)</i>
Fase 1				
Testigo	0,24	166	1,44	
Nupro TM	0,25	172	1,45	
Fase 2				
Testigo	0,83a	518a	1,62	
Nupro TM	0,89b	551b	1,62	
Global				
Testigo	0,59a	374a	1,58	4,8
Nupro TM	0,63b	397b	1,58	1,4

Elaborado por: 47 El Autor (2023) en referencia a (Maribo, 2003)

ab los valores son significativamente diferentes a p<0.05

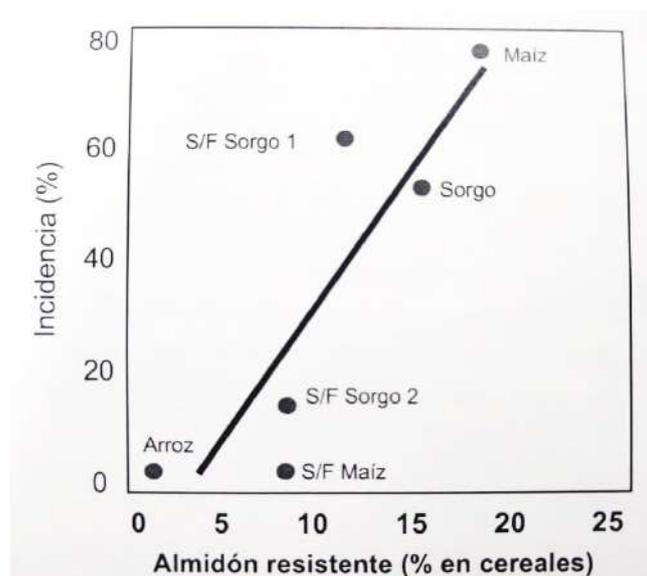
4.7.4 Fuentes de fibra o polisacáridos no almidonosos (PSNA)

Todas las dietas para lechones contienen fibra o PSNA, en virtud de los ingredientes que se proveen en la dieta. Sin embargo, no se sabe si el lechón tiene un requerimiento de PSNA distinto. Los lechones pueden utilizar PSN, son altamente digestibles y la pulpa de remolacha ha sido adicionada en dietas para lechones sin comprometer el desempeño.

Existe un interés actual en la disponibilidad de algunas fuentes de PSNA para modular la salud intestinal. Por ejemplo, el Dr. John Pluske y colegas han demostrado que la presencia de PSNA solubles en dietas para lechones, como en forma de cebada, es detrimental para el crecimiento del lechón y causa la proliferación de enterotóxicos como *E. coli* en el intestino delgado. Por otro lado, el arroz incluido, que es más digestible y tiene niveles bajos de PSNA solubles, ofrece alguna protección (Figura 5.7.1).

El mecanismo involucrado en la protección enterotóxica de las especies de *E.coli* no está bien entendido, pero puede estar relacionado con la reducción de sustrato para las bacterias en el intestino delgado de los lechones alimentados con una dieta basada en arroz, comparado con dietas basadas en cebada y trigo. De hecho, si los PSNA solubles en la dieta, o la falta de estos, está confirmada como un factor predisponente en las infecciones de coliformes y otras infecciones, entonces debe hacerse una selección cuidadosa de los ingredientes para minimizar estos componentes y/o tratamientos con enzimas exógenas puede ser una práctica real en el futuro.

Figura 5.7.1 Almidón resistente en dietas con menos de 1,5% de PSNA solubles y la incidencia de disentería en cerdos



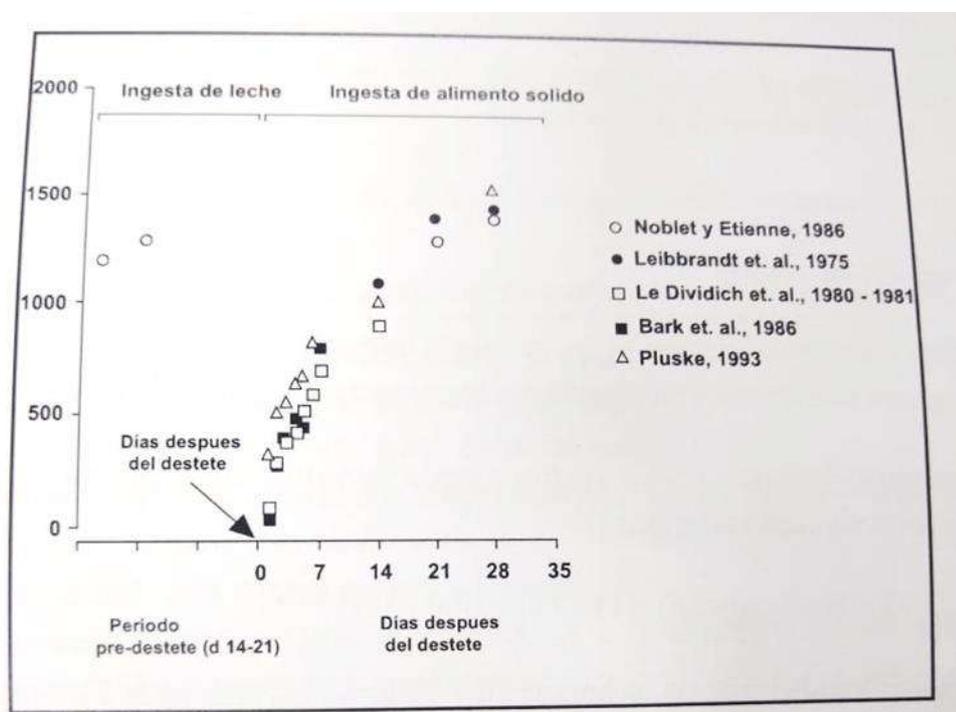
4.8 APETITO

4.8.1 El problema

Apetito, o consumo de alimento voluntario (CAV), en el periodo de post-destete es bajo y variable, con lechones que no están consumiendo suficiente alimento para cubrir sus necesidades de requerimientos de energía para mantenimiento. Un lechón de 3 semanas de edad creciendo 300 g/día va a requerir un consumo de energía de 6,5 MJ ED/día. Para mantener esta tasa de crecimiento en el periodo inmediato después del destete, el lechón necesitará comer cerca de 400 g/día, asumiendo un contenido de energía en la dieta de 16,5 MJ ED/kg.

En la práctica, dichos consumos son raramente alcanzados en la primera semana después del destete, se tiene consumos raramente excediendo los 200 g/día. De hecho, ha sido sugerido que los requerimientos de energía para mantenimiento del lechón no se logran alcanzar hasta los 5 días después del destete, y que el máximo consumo de energía no se logra hasta el final de la segunda semana siguiente del destete (Figura 5.8.1). Por lo tanto, consumos bajos de alimento después del destete nos deja un problema serio de producción.

Figura 5.8.1. VFI del lechón antes y después del destete (expresado como ME por kg) (adaptado de Le Dividich and Herpin, 1984).

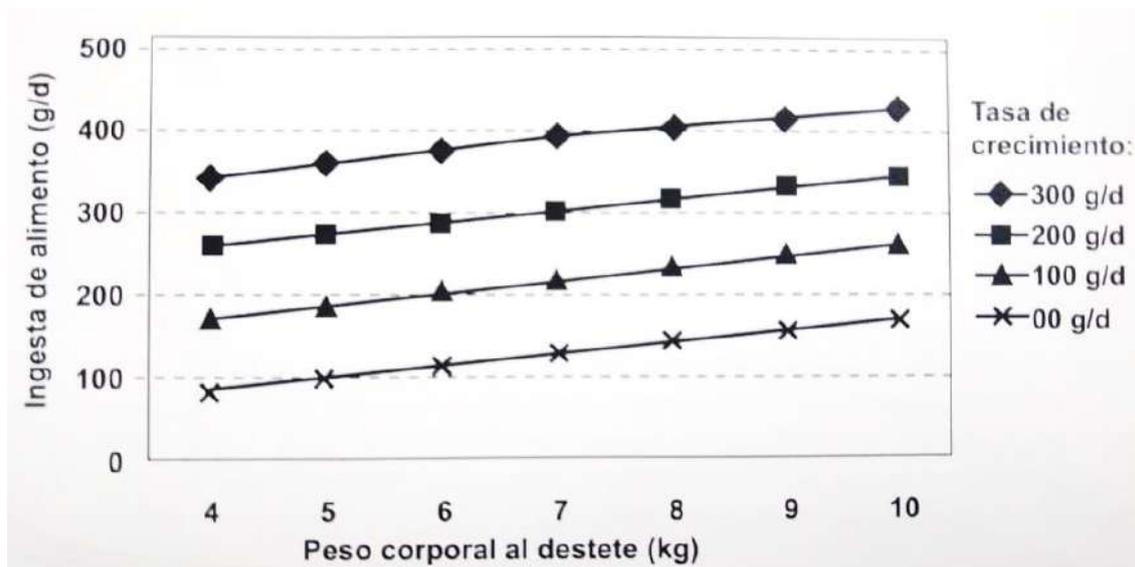


4.8.2 ¿Cuánto alimento?

La pregunta que siempre se hace: ¿Cuánto alimento necesita consumir un lechón para lograr cierta tasa de crecimiento en el periodo inmediato después del destete? Obviamente, esto depende del peso al destete, ya que las necesidades de energía para mantenimiento para

diferente peso corporal varían. Sin embargo, se da una idea para lechones destetados entre 4 y 10 kg y para tasas de crecimiento entre 0 y 300 g/día en la Figura 5.8.2.

Figura 5.8.2. Tasas de crecimiento y consumo de alimento (se asume que las dietas contienen 16.5 MJ DE/kg) post-destete.



Para un lechón de 7 kg al destete y que se quiera mantener su ganancia de peso antes del destete en 300 g/día, entonces se necesitará consumir cerca de 370 g alimento/ día; que es una eficiencia de conversión alimenticia de 1,23:1. En la práctica, la eficiencia de conversión alimenticia puede ser menor que esto debido a la cambiante composición de la ganancia: más proteína y agua con menos ganancia de grasa.

4.8.3 Digestibilidad de la dieta

La digestibilidad de la dieta después del destete es un factor de importancia para incrementar el consumo de alimento después del destete y lograr una tasa de crecimiento alta sin incrementar la incidencia de diarreas.

(Whittemore, 1997) ha sugerido que el límite para el apetito o consumo voluntario del animal es la eliminación de material indigestible y él ha propuesto la siguiente relación:

$$\text{Consumo de alimento} = (0,013 \times \text{Peso corporal}) / (1 - \text{Digestibilidad})$$

El efecto de la dieta en la digestibilidad para un lechón de 10 y 20 kg se muestra en la Tabla 5.8.1.

Tabla 5.8.1. Efectos de la digestibilidad de la dieta.

Digestibilidad de la dieta	Consumo voluntario (kg/día)	
	10 kg de lechón	20 kg de lechón
0,75	0,52	1,04
0,80	0,65	1,30

0,85	0,87	1,73
0,90	1,30	2,60

Elaborado por: 48 El Autor (2023) en referencia a (Whittemore, 1997)

La digestibilidad de la dieta está en función de la selección apropiada de los ingredientes de la dieta con la capacidad digestiva del lechón, como se muestra en la sección 5.7.

4.8.4 Consecuencias de las sugerencias prácticas

Como se indicó en la sección 5.2, un consumo de alimento bajo después del destete perjudica la arquitectura e integridad del tracto gastrointestinal incluyendo:

- Menor altura de las vellosidades.
- Incrementa la profundidad de la cripta.
- Baja producción de las células de la cripta y migración.
- Disminución de la secreción de la mucosa.
- Incremento de la inflamación.
- Reducción de la actividad enzimática.
- Retraso en la reparación de daños.

Como consecuencia:

- El animal es más sensible a los cambios del ambiente.
- La disponibilidad y absorción de nutrientes disminuye.
- El estatus endócrino es alterado.
- Las secreciones gástricas son afectadas.
- El balance ácido: base es alterado.

BAJO CONSUMO DE ALIMENTO ➡ **POBRE CRECIMIENTO Y DESEMPEÑO**

Sugerencias prácticas

Algunas ayudas prácticas para lograr un buen consumo de alimento en el periodo inmediato post-destete se muestran en la Tabla 5.8.2.

Cuadro 5.8.2. Algunas sugerencias prácticas para incrementar el apetito de lechones en post-destete.

- Proveer de una dieta con la especificación nutricional correcta: poco y frecuente.
- La higiene de comederos es fundamental, quite el alimento viejo, etc.
- Cambie la dieta de acuerdo con el desarrollo del lechón: fases de alimentación.
- Calidad, ingredientes altamente digestibles: cereales con tratamiento térmico, productos lácteos, azúcares, etc.
- Utilizar ingredientes con menores factores anti nutricionales.
- El pelet es mejor que la harina: revisar la dureza del pelet, tamaño.
- El alimento debe ser muy palatable y apetitoso (olor, gusto, textura); saborizantes/endulzantes pueden ayudar.
- Colocación estratégica de comederos y bebederos en el corral.
- Induzca a los lechones con alimento en sus primeros días.
- La alimentación líquida incrementa consumos de alimento.
- Mezcle el alimento (50/50) para los primeros 2 días, después aumente la cantidad de alimento.
- La acidificación de alimento y agua puede traer efectos benéficos.
- Un adecuado suministro de agua es esencial.
- Adecue la altura y la disponibilidad de bebederos.
- Si son bebederos de niple: el flujo debe ser 0,5 – 1,0 lt/min y a una altura apropiada.
- Disposición de agua (e.g. bebederos para pavos) para la primer semana da buenos resultados.
- El estado de salud debe ser tan alto como sea posible.
- Mantener alto nivel de higiene: limpieza apropiada/ procesos de desinfección.
- Proveer de adecuadas condiciones climáticas: temperatura, humedad, corrientes de aire.
- Ventilación adecuada para la buena calidad del aire.
- No debe haber hacinamiento de lechones: 0,20 m² por lechón.

4.8.5 Minimizando la variación en cerdos destetados.

La variación puede ser descrita como el factor de “ruido” de la medida biológica. Si la variación del peso al destete es baja, entonces es fácil manejar estos cerdos por lo siguiente:

- Una dieta será suficiente para todos los cerdos.
- Pueden establecerse condiciones ambientales para el promedio de los cerdos.
- Variación mínima en el peso al rastro tiene beneficios económicos.

La variación es comúnmente expresada como el coeficiente de variación (CV), que es el porcentaje de desviación de la media. Por ejemplo, si el promedio de peso al destete de un grupo de cerdos es 5 kg y su coeficiente de variación es 10%, entonces dos tercios de todos los pesos de destete es estarán entre 4,5 y 5,5 kg. Noventa y cinco por ciento de todos los pesos de destete estarán dentro de 4 y 6 kg.

Un investigación realizada por el Dr. John Pluske en la Universidad del Oeste de Australia ha mostrado que el coeficiente de variación en el consumo de alimento voluntario en la primera semana después de destete puede llegar al 100%.

Estrategias para reducir la variación en la fase de destete incluyen:

- Fomentar el consumo de alimento ofreciendo poco pero frecuente en los primeros días después del destete.
- Alimente a los lechones con una dieta que aporte todos los nutrientes requeridos para maximizar la tasa de crecimiento.
- Evitar una alta densidad de lechones por corraleta, en ese momento esto limitará el acceso de los cerdos al agua y alimento.
- Proveer un número adecuado de puntos de agua.
- Optimizar el estatus de salud utilizando medicación en el agua y/o utilizar sistemas de todo-adentro todo fuera.
- Proveer a los cerdos con un ambiente que complete sus necesidades.

4.9 REQUERIMIENTOS DE INSTALACIONES Y AMBIENTE

El ambiente térmico de un cerdo es una combinación de temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento, tipo de piso en la corraleta e intercambio de calor radiante. Esto controla el balance de energía del cerdo, que es cuanto de la energía del alimento es utilizada para crecimiento y cuanto es usada para mantenerse caliente.

El ambiente físico también tiene un efecto sobre el comportamiento del cerdo, que influye sobre consumo de alimento y tasa de crecimiento. Factores que influyen al ambiente físico incluyen forma de la corraleta, numero de cerdos en la corraleta, densidad y espacio por cerdo, concentración de polvo y gas, luz e interacción con otros cerdos.

Los lechones destetados necesitan ser provistos de un ambiente que:

- Maximice el desempeño
- Garantice un buen manejo de la explotación.
- Tenga un costo-efectivo.

Todos los factores externos que afectan el desarrollo y productividad de los cerdos son componentes del ambiente. Puede no solo ser un factor, pero la interacción entre varios (temperatura, nivel de alimentación, tipo de piso, etc.) que ultimadamente afectan el desempeño.

Los cerdos mantenidos en corraletas intensivas no tienen la oportunidad de seleccionar su propio microambiente. El buen manejo debe asegurar que se cumplan sus requerimientos.

Un medio ambiente óptimo no siempre se logra en la práctica. Aun las instalaciones más costosas no garantizan que sean las mejores; si no han sido bien diseñadas y no logran la mayor eficiencia de las labores de los trabajadores, los cerdos nunca van a expresar su potencial genético.

El manejo y el ambiente son comúnmente los factores limitantes para producir buenos lechones destetados que la nutrición y genética.

4.9.1 Temperatura ambiental

La temperatura es uno de los factores más importantes que influyen sobre el desempeño de los cerdos recién destetados, especialmente durante la primera semana. El consumo de energía disminuye dramáticamente inmediatamente después del destete a medida que el cerdo aprende a comer alimento seco (sección 5.8). Esta reducción en el consumo de energía no solo reduce la tasa de crecimiento, sino también hace al lechón más susceptible a las temperaturas frías. Es por lo tanto esencial que durante la primera semana después del destete que el cerdo sea mantenido dentro del rango óptimo de temperaturas, o en la zona de confort térmico.

La temperatura mínima dentro de la zona de confort, o zona termo neutral, es llamada Temperatura Mínima Crítica (TMC), y esta es la temperatura mínima a la cual ocurre la óptima utilización del alimento y por lo tanto el desempeño es óptimo. Cambios en el TMC con el peso corporal y consumo de alimento, como se indica en los requerimientos de temperatura mostrados en la figura 5.9.1. Entre más alto sea el peso corporal y el consumo de energía del alimento, será menor el requerimiento de temperatura.

En general, los lechones deben ser mantenidos alrededor de 28°C durante la primer semana después del destete, y reduciendo 2°C después de cada semana hasta alcanzar una temperatura de entre 20-22°C. Esto debe aportar una temperatura ambiente óptima en condiciones de instalaciones convencionales con sistemas de control de temperatura (Tabla 5.9.1). Si la temperatura disminuye por debajo del nivel recomendado, entonces el animal necesitará comer más y esto no solo incrementa los requerimientos de alimento, sino también predispone al animal a irritarse. Es entonces importante observar la temperatura dentro de las instalaciones a nivel del cerdo para asegurar que sea la correcta para el lechón.

Figura 5.9.1. Requerimientos de temperatura de lechones a diferente peso corporal y consumo de alimento.

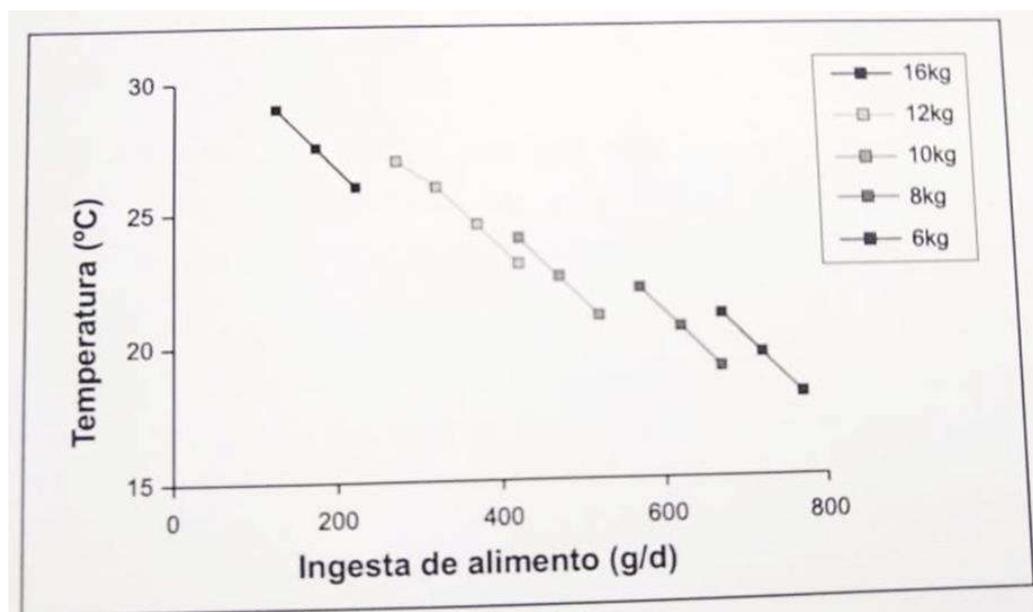


Tabla 5.9.1 Requerimientos de temperatura para lechones después del destete (3 semanas de edad) *

Semana 1	28°C
Semana 2	26°C
Semana 3	24°C
Semana 4	22°C
Semana 5+	20-22°C

*Bajo movimiento de aire y humedad relativa

Si la temperatura no es mantenida en el nivel deseado en el periodo de post-destete, entonces el desempeño de los lechones disminuye (Tabla 5.9.2). En este estudio, los lechones fueron destetados a las 4 semanas de edad en corrales mantenidas a diferentes temperaturas entre 20 y 32°C inicialmente, que, en un periodo de 4 semanas, se redujo a 20°C. La importancia de la temperatura en todos los aspectos del desempeño es obvia.

Los lechones a los 32°C estuvieron un poco acalorados y el consumo de alimento disminuyo, resultando en un bajo desempeño que los que estaban a 28°C, que fue la temperatura ideal para los lechones. No se debe mantener a los cerdos en un ambiente muy caliente, esto es por arriba de la zona térmica de confort o por arriba de la Temperatura Critica Alta (TCA), esto es entre 5-7°C arriba de TMC. Fue interesante observar que la incidencia de irritación fue considerablemente incrementada en los cerdos mantenidos en condiciones más frías. Por otro lado, manteniendo la temperatura elevada en la semana critica después del destete puede prevenir la sobrealimentación y puede ayudar a reducir la posibilidad de irritación.

Tabla 5.9.1. Requerimientos de temperatura para lechones después del destete (3 semanas de edad) *

Temperatura del aire (°C)	20 a 20	24 a 20	28 a 20	32 a 20
Consumo de alimento, g/d	570	598	620	593
Tasa de crecimiento, g/d	337	384	413	396
Eficiencia alimenticia	1,70	1,56	1,50	1,49

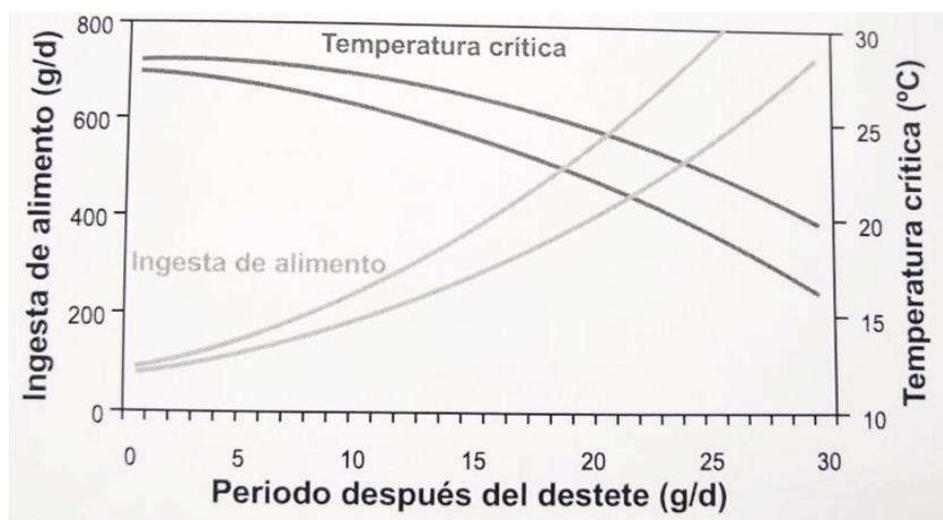
No es solo cuestión de mantener la temperatura media a un nivel correcto durante un periodo de 24 horas, sino asegurar que este lo más constante posible. Si la temperatura fluctúa demasiado esto tiene el mismo efecto en los lechones que una reducción de la temperatura (Tabla 5.9.3). El consumo de alimento de los lechones se redujo en un 10% cuando la variación de temperatura fue $\pm 4^{\circ}\text{C}$, comparado con $\pm 1^{\circ}\text{C}$, resultando en una baja en el desempeño. Es por lo tanto muy importante aportar la temperatura correcta, pero con mínimas fluctuaciones a través de un periodo de 24 horas.

Tabla 5.9.3. Efecto de fluctuaciones constantes de temperatura en el desempeño del lechón.

Temperatura (°C)	28± 1	28± 4
Consumo de alimento, g/d	722	650
Tasa de crecimiento, g/d	476	427
Relación: alimento/ganancia, g/g		

En grupos de lechones habrá variaciones en peso corporal y consumo de alimento, y esto influye los requerimientos de temperatura. Cada animal en el grupo tendrá sus propios requerimientos de temperatura. Por ejemplo, el cerdo más grande con el consumo mayor va a tener una menor necesidad ambiental que el cerdo más ligero con el menor consumo. Esto para proveer a todos los cerdos con los requerimientos y que estén en forma uniforme como grupo, como se indica en la Figura 5.9.2.

Figura 5.9.2 Relación entre el consumo de alimento y la temperatura crítica del lechón destetado.



Es una buena idea uniformizar a los lechones en grupos por peso, para eliminar la variación como sea posible para aportar los requerimientos de temperatura. Además, una vez que le

lechón empieza a comer suficientes cantidades de alimento, entonces sus requerimientos de temperatura disminuirán. Una de las habilidades del personal que labora en la explotación es sincronizar las necesidades de temperatura en relación con el consumo de alimento para cada corraleta de lechones a su cuidado.

4.9.2 Movimiento o corriente del aire

La temperatura no es el único componente del ambiente que afecta el desempeño. La velocidad del aire, o corrientes de aire alrededor de los animales, tiene igualmente un efecto negativo, ya que tiene un efecto de enfriamiento sobre el lechón. Entre mayor sea el flujo de aire alrededor del animal, mayor será la tasa de pérdida de calor del cuerpo y mayor será el requerimiento de temperatura del cuerpo.

En la Tabla 5.9.4 se observa la temperatura preferida de los lechones cuando estaban bajo diferentes tasas de velocidad del aire. Cada incremento en el movimiento del aire en 8 cm/seg incrementó los requerimientos de temperatura en aproximadamente 1°C. esto es particularmente importante para el lechón muy joven, que tiene muy poca grasa corporal o protección térmica.

Tabla 5.9.3. Efecto de fluctuaciones constantes de temperatura en el desempeño del lechón.

Velocidad del aire (cm/seg)	Temperatura preferida (°C)
8	17,9
25	20,5
40	21,7

Elaborado por: 49 El Autor (2023) basado en (Blavi et al., 2021)

Es importante que no haya corrientes de aire en el animal. Esto significa que el sistema de ventilación en las instalaciones debe operar satisfactoriamente y los lechones deben estar protegidos de ráfaga completa de los ventiladores. Es importante también que no entre aire frío, por ejemplo, como ventanas rotas. El efecto del aire frío sobre los lechones tiene el mismo efecto que disminuir la temperatura y por lo tanto influye sobre el desempeño (Tabla 5.9.5). Por lo tanto, a temperaturas ambientales elevadas, tasas elevadas de movimiento de aire puede ser benéfico.

Tabla 5.9.5. Efecto de movimiento de aire sobre el desempeño del lechón a diferentes temperaturas.

	Temperatura del aire (°C)	Velocidad del aire (cm/seg)	
		50 vs 0	100 vs 0
		% cambio en desempeño	
	18	-15	-32
Ganancia de peso corporal	25	0	0
	31	+13	+26

	18	-23	-43
FCR	25	-13	-20
	31	0	0

Elaborado por: 50 El Autor (2023) en referencia a (Louis et al., 1994)

El movimiento de aire que apenas se percibe, ese equivalente a bajar la temperatura 3°C, mientras que una corriente de 0.50 m/seg es equivalente a bajar la temperatura en el aire de 8°C. Los efectos son mayores cuando los lechones son más ligeros y a bajas temperaturas ambientales.

Es ineficiente proveer calor radiante para mantener los cerdos calientes cuando los beneficios potenciales de este calentamiento son perdidos a través de un agujero en la pared. El uso de la pistola de humo para estudiar el movimiento del aire es útil cuando se hacen ajustes al acomodo de los cerdos destetados. Se recomienda una velocidad del aire de no más de 0.15 m/seg, excepto cuando es necesario el enfriamiento.

4.9.3 Otras variables ambientales

El tipo de piso también puede influir en el desempeño del lechón. Cerca del 20% de la pérdida de calor de los lechones es conducida a través del piso; por lo tanto, entre mejor aislamiento del piso, menor será la tasa de transferencia de calor por conducción, menor será la temperatura crítica del animal y mejor será la tasa de crecimiento. Esto se puede observar en la Tabla 5.9.6, donde el calor extra demandado por el animal en pisos de diferentes materiales fue medido y comparado con suelos sólidos macizos.

Tabla 5.9.6. Calor extra demandado y diferencia en temperatura efectiva de pisos en comparación con un piso sólido macizo.

Tipo de piso	Calor extra demandado (minutos/hora)	Diferencia en temperatura ambiental efectiva (°C)
Piso sólido	3,3	2,8
Metal perforado	6,8	5,8
Piso de metal cubierto con hule elevado	3,5	3,0

Elaborado por: 51 El Autor (2023)

Se puede observar que, entre menos aislamiento del suelo, más alta será la demanda y mayor será la diferencia efectiva de temperatura en comparación con el suelo sólido. Por lo tanto, si se usan suelos de poca propiedad aislante, los requerimientos de temperatura serán mayores.

Por ejemplo, en comparación con un suelo sólido con cama, la provisión de un suelo sólido fue equivalente a reducir la temperatura efectiva en 2,8°C, valores comparables con suelo como metal perforado y el recubierto con hule fue de 5.8 y 3.0 °C, respectivamente. En cerdos mayores la provisión de la cama ha mostrado ser equivalente a una disminución de 4°C en la temperatura ambiental.

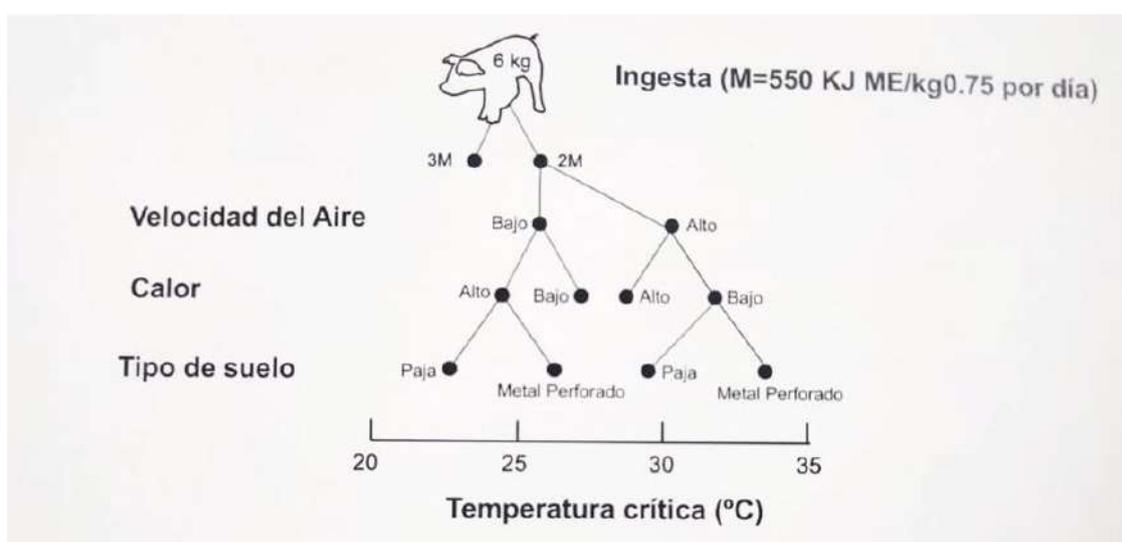
El grado de humedad del suelo también tiene un efecto sobre la pérdida de calor y productividad del lechón. Si los lechones se acuestan sobre un piso mojado la conducción a través de él y la evaporación de la superficie de la piel se incrementará. Esto tiene un efecto benéfico en condiciones de calor, humedad y trópico, pero tiene un efecto negativo en condiciones de frío y debe ser evitado.

El enfriamiento y humedad son aditivos en su efecto y si son extremos, pueden ocasionar la muerte; por ejemplo, como ocurre en lechones recién nacidos. En cerdos de 35 kg se midió el efecto de un piso húmedo y frío y se calculó una disminución de temperatura alrededor de 7°C.

La humedad relativa también debe ser considerada, especialmente en condiciones de calor como el trópico. En cerdos en crecimiento, un incremento en la humedad entre 60 y 95% no tuvo efecto en el desempeño a 22°C, pero la tasa de crecimiento se redujo a 8% con 28°C.

Debido a que la respuesta a muchas variables ambientales es conocida, es posible evaluar sus efectos. La figura 5.9.3 ha sido construida para mostrar los efectos interactivos de la mayoría de los componentes del ambiente. El diagrama es una representación de los mayores factores ambientales que influyen sobre los requerimientos de temperatura de lechones destetados a un nivel dado de alimentación. En este ejemplo, cuando todas las condiciones son ideales, el valor de la temperatura crítica menor es solo 23°C, mientras que cuando las condiciones empeoran, el requerimiento se incrementa a 33°C. esto ilustra cuán importante es el ambiente e indica que se necesita hacer para tener un programa favorable para lechones recién destetados. Aunque no solo la temperatura es importante, el continuo monitoreo de la temperatura a nivel del cerdo será un buen comienzo para asegurar que el ambiente del lechón recién destetado es el óptimo.

Figura 5.9.3. Factores ambientales que influyen la temperatura crítica del lechón destetado (Close).



Elaborado por: 52 El Autor (2023)

4.9.3.1 5.9.4 Consideraciones prácticas

En la Tabla 5.9.7 se sugieren las temperaturas recomendadas para lechones recién destetados bajo diferentes sistemas de instalaciones.

Tabla 5.9.7. Temperaturas mínimas recomendadas (°C) para lechones después del destete.

Tipo de piso	Cama de paja	Concreto sólido asilado	Completamente perforado (slat)
6 kg (día destete)	27	28	30
6 kg (una vez que comienzan a comer)	26	27	29
8 kg	24	26	28
10 kg	21	23	25
15 kg	19	20	23
20 kg	15	17	21

Existe evidencia de que, cuando pueden escoger, los lechones jóvenes prefieren cambios en la temperatura del aire durante el día, y que esto puede estar asociado con un incremento en el consumo de alimento. Sin embargo la incidencia de diarrea en lechones post-destetados es mayor si las temperaturas fluctúan por $\pm 3^{\circ}\text{C}$ comparado con $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$; y que estos son mayores en la primera semana después del destete.

Con la reducción de las temperaturas por la noche y exposición a corrientes de aire resulta en aumento de tos, estornudos y disminución de la tasa de crecimiento. Se recomienda que la temperatura ambiente debe ser mantenida en un rango de $\pm 2^{\circ}\text{C}$. un cambio en la temperatura del aire puede ocurrir cuando aire fresco es traído hacia la instalación para mejorar la calidad del aire, y cada intento debe hacerse para minimizar el efecto en los lechones.

La temperatura ambiente debe ser monitoreada diariamente, y registrada. Cualquier retraso en tomar acción para ajustar la temperatura en la sala de lechones tendrá un impacto mayor en el estatus de salud y futuro desempeño de los lechones jóvenes.

Se necesita tomar la temperatura al nivel de los cerdos. No es suficiente con caminar en los pasillos y sentir que la temperatura es confortable para el trabajador, ya que son los extremos de las temperaturas (especialmente en la noche) cuando tienen el mayor impacto sobre el desempeño de los lechones.

Los termómetros máximo-mínimo no nos dicen por cuantas horas la temperatura estuvo en los extremos. Existen formas más sofisticadas de monitorear la temperatura (control automático), que pueden registrar cada hora las temperaturas por varias semanas y esto debe usarse para proveer una medida correcta sobre el ambiente de los lechones destetados.

La presencia de cama de paja puede ayudar al cerdo en crear un microambiente que reduzca la pérdida de calor, pero esto no es una opción en los sistemas intensivos debido a la eliminación de los desperdicios.

La cría de animales genéticamente magros y el desarrollo de sistemas intensivos de producción en la que un gran número de cerdos son criados en pisos totalmente perforados (slats), ha incrementado la sensibilidad del animal a la temperatura ambiental.

Se deben hacer observaciones cuidadosas del comportamiento de los lechones, porque será un buen indicador de si el ambiente térmico es el adecuado. Los cerdos que se acurrucan para mantener su temperatura en condiciones de frío hacen eso en lugar de ir al comedero. Por otro lado, lechones que están sucios y acostados dispersos en el suelo tienen calor.

La humedad relativa tiene poco efecto en el desempeño del cerdo excepto cuando ocurren combinaciones de humedad relativa alta y alta temperatura ambiental como cuando se presentan algunas enfermedades como *Streptococcus suis* o enfermedad del cerdo gordo. Si esta presente la enfermedad del cerdo gordo la humedad debe mantenerse debajo de 65%.

Para mantenerle calor en condiciones frías, se debe seguir lo siguiente:

- Proveer calor adicional.
- El piso debe estar bien aislado.
- Dietas con energía alta (15 MJ ED/kg)
- Libre de corriente de aire.
- Peso corporal alto al entrar.
- Proveer a los cerdos con cajas o bolsas para crear un microambiente.

4.9.4 Densidad de animales

La tasa de densidad recomendada para lechones destetados depende del sistema de instalaciones. Los requerimientos de espacio por cerdo son menores en piso perforado (slat) y parcialmente perforado que en piso de concreto sólido. La disponibilidad de espacio para cerdos destetados en piso con cama es mayor que en sistemas convencionales (Tabla 5.9.8), pero el costo de alojamiento por cerdo es considerablemente menor.

Tabla 5.9.8. Tasa de densidad de lechones destetados sugerida.

Tipo de corraleta	Edad (semanas)	Peso corporal (kg)	Área (m/cerdo)
Corraletas con 1/3 de slats, 2/3 piso sólido	3-9	5-24	0,11-0,28
Cama profunda, grupos grandes	3-10	5-30	0,55-0,75

El espacio de piso por cerdo debe incrementarse si la temperatura excede la zona de confort del cerdo (mayor de 33°C) mientras esto permite al cerdo dispersarse y maximizar el área donde se puede perder calor. Cuando el estatus de salud de la piara es pobre, particularmente en relación con problemas respiratorios, entonces los cerdos se beneficiarán de tener más espacio disponible.

4.9.5 Tamaño del grupo

Hasta hace poco tiempo se recomendaba que el tamaño óptimo de grupo para lechones detectados debería ser de 10 a 15 cerdos por corraleta. Sin embargo, debido a la presión por disminuir el costo de lugar por cerdo, muchos productores ahora destetan cerdos en grandes grupos (de 100 a 1000). Sin embargo, existen puntos de vista conflictivos sobre el impacto de tamaño de grupos grandes (100 cerdos/corraleta) sobre comportamiento y desempeño del cerdo.

Incrementar el tamaño de grupo lleva el riesgo de una gran variación en el desempeño del lechón destetado. Es muy probable que los cerdos post-destetados, cuando estuvieron en grupos grandes, toman más tiempo en beber y comer para completar sus requerimientos, de ahí tener en cuenta al tipo, número y localización de bebederos y comederos.

También es aún más difícil observar y tratar a lechones destetados individualmente cuando son parte de un grupo grande. También puede haber un aumento en el estrés cuando la densidad de cerdos se incrementa, lo que puede causar gran variación en el desempeño entre de individuos y de hecho, hacerlos más susceptibles a enfermedades.

Algunos investigadores han reportado efectos negativos sobre el desempeño de cerdos destetados cuando el tamaño de grupo se incrementa (Verdoes, 1998; Wolter et al., 2000; Giles et al., 2001). Sin embargo, O'Connell et al., (2001) no encontró diferencias en el desempeño de lechones destetados de 4 a 10 semanas de edad cuando estaban en grupos en corraletas de 10, 20, 30, 40 o 60 cerdos en disponibilidad de espacio en pisos constantes (Tabla 5.9.9, Figura 5.9.4). Estos autores concluyeron que el tamaño de grupo de cerdos puede ser incrementado de 10 a 60 cerdos por corraleta sin ningún efecto adverso en desempeño. No existe ningún estudio publicado sobre el efecto de desempeño del lechón cuando el tamaño de grupo s mayor a 100.

Tabla 5.9.9. Efecto de tamaño de grupo sobre desempeño del lechón después del destete (4-10 semanas de edad)

Tamaño de grupo	10	20	30	40	60	P value
Consumo de alimento, g/d	770	746	788	774	808	ns
Tasa de	546	540	524	544	540	ns

crecimiento, g/d						
Alimento: ganancia, g/g	1,42	1,43	1,50	1,51	1,52	ns

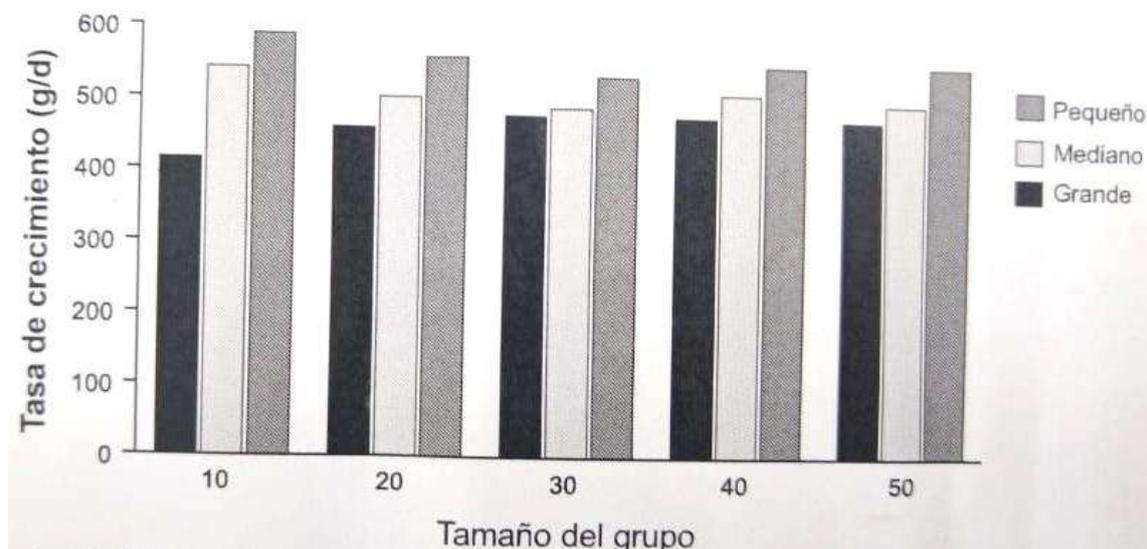


Figura 5.9.4. Efecto del tamaño de grupo sobre tasa de crecimiento (g/d) de lechones pequeños, medianos y grandes (4-10 semanas de edad) (Q'Connell et al., 2001).

Es posible que los lechones destetados a las 4 semanas de edad se vean menos afectados por el tamaño del grupo que aquellos que fueron destetados a menor edad. Diferencias entre experimentos llevados a cabo en ambientes de temperatura controlada, en el diseño de corraletas, en el tipo de comederos y bebederos y en las prácticas que se llevan a cabo antes del destete pueden influenciar la respuesta del lechón frente al tamaño del grupo.

A pesar de que existen muchas desventajas en el desempeño del cerdo cuando se desteta en grupos grandes, parece ser que estos cerdos son más capaces de sobrellevar la fase de crecimiento y la fase final. Se provee un manejo especial para observar y tratar a aquellos cerdos que no se adaptan al destete en grupos grandes, se ha demostrado que éste es un sistema que funciona.

4.9.6 Calidad del aire

Aunque es muy importante asegurar que el ambiente físico sea el ideal para el lechón en términos de temperatura, velocidad de aire, corrientes de aire, humedad relativa y espacio, también hay que poner mucha atención en la calidad del aire. Los niveles de amoníaco, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y monóxido de carbono no deben ser muy altos ya que pueden influir en el desempeño del lechón. En varias regulaciones nacionales existe un apartado en donde se establecen los niveles aceptables de estos gases. (Tabla 5.9.10)

Tabla 5.9.10 Resumen de los efectos que tienen los gases tóxicos.

Gas	Niveles aceptables en lechones	Niveles tóxicos	Efectos clínicos en humanos	Peligros en la granja
Amoniaco	<25 ppm	>50 ppm	Dificultad para respirar e irritación	Agitación de los depósitos de heces
Dióxido de carbono	<2,000 ppm	Poco común	Dificultad para respirar, dolores de cabeza y somnolencia	Fallas eléctricas y de ventilación
Monóxido de carbono	<30 ppm	>60 ppm	Dificultad para respirar, asfixia y somnolencia	Fallas en los calentadores
Sulfuro de hidrogeno	<5 ppm	>80 ppm	Irritación, dolores de cabeza, inconciencia y muerte	Liberación de gas después de que se agitan los depósitos de heces
Metano	No es toxico a menos que exista un 80% o más en el aire	>80%	Irritación y atmósfera explosiva >1%	Raro que e presenta

Elaborado por: 53 El Autor (2023 en referencia a (Muirhead, 1997)

Bajo condiciones normales de buena ventilación, estos gases no deben estar presentes en concentraciones tales que influyan en el desempeño del lechón, o peor aún, que afecten la salud humana (Tabla 5.9.11). También existe una estrecha relación entre el contenido de polvo en el ambiente y los niveles de microorganismo presentes ver en el aire. El nivel de polvo en el aire debe ser mínimo ya que es irritante y disminuye la resistencia a las enfermedades respiratorias además de que les ofrece protección a los microorganismos aumentando su supervivencia.

Tabla 8 Tabla 5.9.11. Tasas de ventilación (m3/sec)

Peso del cerdo (kg)	Mínima	Máxima (para temperatura diferente a 3°C)
5	0,00036	0,0058
10	0,00078	0,0092
20	0,0013	0,015
30	0,0035	0,036

Elaborado por: 54 El Autor (2023)

Tabla 5.9.12. Puntos que hay que tomar en cuenta para mantener la calidad del aire.

- Evaluar todos los días la calidad del aire.
- Revisar la humedad relativa.
- ¿Hay condensación?
- Olor: los niveles de amoniaco deben ser <10 ppm.
- Niveles de polvo.
- ¿Hay corrientes de aire?
- Revisar los cambios de temperatura.

- Asegurar que el ventilador funcione correctamente.
- Revisar semanalmente que los sistemas funcionen correctamente.
- Limpiar las tolvas de alimento.
- Probar los mecanismos de seguridad.
- Medir los niveles de enfermedad.
- Revisar la densidad animal.

Medir los patrones de descanso de los cerdos

Elaborado por: 55 El Autor (2023) en referencia a (Muirhead, 1997)

4.9.7 Corraleta de destete

Los lechones destetados deben ser trasladados a secciones apartadas de los demás cerdos con el objetivo de que la temperatura y la ventilación puedan ser ajustadas a sus necesidades. Por razones de salud, también es muy importante que se tenga un área que este aislada y adaptada para los partos.

El piso es el punto más crítico dentro de la corraleta. Debe ser fácil de limpiar, las heces se deben ver con facilidad, debe tener buenas propiedades térmicas y no debe causar lesiones en las patas. La pérdida de calor a través de pisos solidos/macizos ocurre a tasas mucho más lentas que a través de pisos de concreto debido a las buenas propiedades térmicas de los primeros. El uso de esteras (por ejemplo, una banda transportadora) aumenta la temperatura efectiva y necesaria del cerdo al reducir la pérdida de calor a través del piso, además de que pueden ser removidas con facilidad para poder limpiarlas entre cada lote de cerdos.

Existen muchas maneras de diseñar la corraleta de destete; en cada diseño debe tomarse en cuenta el peso y la edad mínima de los lechones destetados ya que el lechón más pequeño es el más vulnerable los ambientes variables e inapropiados.

A continuación, se describen tres maneras diferentes de diseñar la corraleta:

4.9.7.1 Corraleta de ambiente controlado

Este diseño se caracteriza por tener un control automático total sobre el ambiente. Las corraletas tienen pisos de tablilla con algunas áreas sólidas (como por ejemplo caucho) para los lechones recién destetados. Deben contar con varios cuartos de destete que puedan ser completamente vaciados y limpiados entre lotes de cerdos.

Ventajas:

- Permite alimentar fácilmente a los cerdos.
- Permite mantener a los cerdos en observación e inspección.
- La separación del cerdo de su excremento ayuda a controlar la diarrea.

Desventajas:

- Cada aspecto del sistema de control ambiental debe funcionar correctamente y debe estar bajo monitoreo continuo. Se debe contar con un sistema de respaldo en caso de que exista alguna falla.
- Se presentan con frecuencia tasas de ventilación inadecuada al tratar de mantener una temperatura ambiente.
- Cuesta mucho dinero construir, mantener y operar una corraleta de este tipo.

4.9.7.2 Sistemas basados en cobertizos

En este sistema los lechones destetados están alijados en grupos que van de 100 hasta 1000 cerdos por corraleta; en cada corraleta tienen acceso a varias camas. El tamaño del grupo está determinado por el número de vientres en cada lote. Al proveer varias camas, estos sistemas ofrecen variedad de ambientes.

Los requerimientos estimados de las camas son de 0.3 a 0.5 kg/cerdo/día. El acomodo estratégico de camitas de paja o de cajas dentro de los cobertizos proveen los microambientes necesarios para que los lechones destetados mantengan la temperatura que requiere.

Ventajas

- Es más barato que cualquier otro tipo de diseño.
- Puede ser construido en cualquier lugar ya que no requiere de energía.

Desventajas

- El tratamiento y observación de los cerdos es más difícil
- La alimentación de los cerdos es más difícil
- Tiene altos niveles de polvo en el aire.

4.9.7.3 Contenedores para lechones

Este es un sistema que se adapta muy bien a los pequeños productores que cuentan con un pequeño grupo de lechones destetados. El punto crítico de este sistema es que ofrece una gran variedad de ambientes para los cerdos. Tienen un área cerrada y aislada en donde los cerdos puedan dormir y un área con muy poco control ambiental en donde los cerdos se alimentan y defecan. Pueden o no ser sistemas basados en paja y algunas veces pueden ser portátiles, lo que permite mover a los animales a un lugar limpio entre lotes.

Ventajas

- Es un sistema muy poco sofisticado y, por lo mismo, muy barato.

- No tiene controles automáticos ambientales, por lo que permite a los cerdos escoger sus propios microambientes.

Desventajas

- La observación de los cerdos es muy difícil.
- La alimentación de los cerdos es muy difícil.
- Es muy difícil que los cerdos se adapten después a otro tipo de corraleta.
- Tiene altos niveles de polvo en el aire.

4.9.8 Conclusiones

Los lechones pueden ser alojados en varios sistemas de crianza. Una vez que las limitaciones de cada sistema se conocen, el desempeño del lechón no tiene por qué verse afectado. Esto está ilustrado en la tabla 5.9.13, la cual muestra el desarrollo de lechones destetados alojados en diferentes corraletas y con diferentes sistemas de alimentación (Blavi et al., 2021)

Tabla 5.9.13. Comparación del desarrollo de varios lechones destetados alojados en diferentes corraletas y con diferentes sistemas de administración.

Corraleta	Peso inicial (kg)	Alimento ingerido (g/d)	Tasa de crecimiento (g/d)	Alimento: ganancia (g/g)
Contenedores de paja (ad lib. Tolvas)	6,65	528	400	1,32
Contenedores con perforaciones (ad lib. Tolvas)	6,49	492	367	1,34
Piso liso 1 (ad lib. Tolvas)	6,47	443	312	1,42
Piso liso 2 (ad lib. Tolvas)	6,45	519	335	1,55
Piso liso A (ad lib. Tolvas)	6,49	535	385	1,39
Piso liso A (ad lib. Tolvas)	6,21	490	386	1,27
Piso liso B (ad lib. Tolvas)	6,37	438	332	1,32
Piso liso C (ad lib. Tolvas)	6,42	511	376	1,36
Piso liso B (ad lib. Tolvas)	6,56	513	372	1,38

4.10 SALUD E INMUNIDAD

Esta fuera del alcance de este estudio el discutir los factores que influyen en la salud y en la inmunidad de los lechones destetados. Sin embargo, la exposición a las infecciones virales y bacterianas causa muchos problemas en el periodo post-destete.

4.10.1 Activación inmunológica

El nivel de infecciones subclínicas y sus efectos en el estado inmunológico del lechón tienen la misma importancia. A pesar de que el lechón no presente síntomas de enfermedad, el nivel al cual el sistema inmunológico es activado influye en el desempeño del lechón.

El trabajo realizado por el Profesor Kirk Klasing (Universidad de Davis, California) y el profesor Tim Stahly (Universidad de Iowa) ha demostrado que aquellos animales que luchan por sobrellevar una enfermedad tienen un sistema inmunológico altamente activado y esto desencadena varias reacciones de defensa. Existe una gran proporción de células T-presentadoras: T-supresoras. Las células T-presentadoras refuerzan al sistema inmunológico mientras que las células T-supresoras disminuyen el desarrollo de inmunidad celular.

Las células inmunológicas liberan unas proteínas especiales llamadas citoquinas. Estas proteínas reducen la secreción de hormonas promotoras del crecimiento y disminuyen los procesos metabólicos del organismo, quienes son responsables de la formación del tejido corporal. La actividad de las hormonas catabólicas aumenta dando como resultado la reducción en la síntesis de proteínas, mientras que la degradación de proteínas se eleva. El efecto neto es la reducción de las proteínas o el aumento de la carne magra. Las citoquinas inflamatorias también disminuyen el apetito y aumentan tanto la tasa metabólica como la temperatura corporal.

El resultado total de aumentar/disminuir la actividad inmunológica es, por lo tanto:

- Mala alimentación.
- Poca síntesis de proteínas.
- Bajas tasas de crecimiento.
- Poca eficiencia en la utilización del alimento.
- Mayor depósito de grasa y mayor cantidad de grasa en la canal.

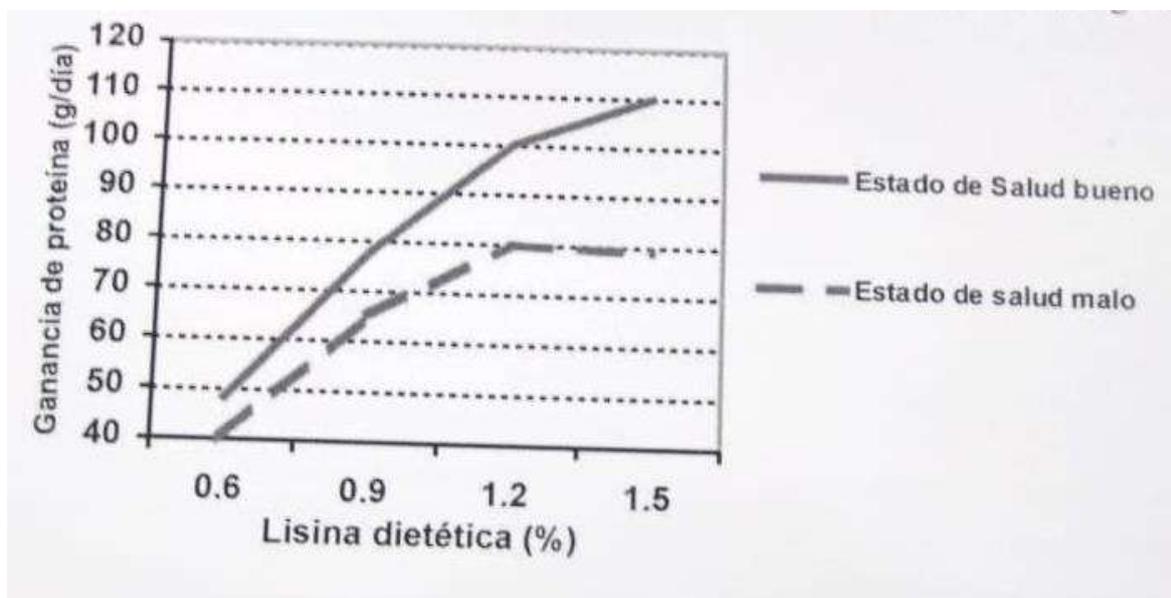
Es un estudio llevado a cabo con lechones alimentados con una dieta cuyo contenido de lisina estaba entre el 0,9 y 1,5%, se observó que la ingesta diaria de alimento se redujo en un 10,5%, la tasa de crecimiento disminuyó en un 19,0% y la relación alimento: ganancia fue un 9,8% menor (Tabla 5.10.1) en lechones con una actividad inmunológica elevada en comparación con aquellos lechones con poca actividad inmunológica.

Tabla 5.10.1 Efecto de la actividad inmunológica en el desempeño de los lechones (6-27 kg)

Activación inmunológica	Baja	Alta	% de cambio
Ingesta de alimento, g/d	1026	918	-10,5
Tasa de crecimiento, g/d	621	502	-19,0
Alimento: ganancia, g/g	1,12	1,23	9,8

El efecto del estado de salud sobre la ganancia de proteínas en cerdos jóvenes se muestra en la Figura 5.10.1.

Figura 5.10.1 Estado de salud y ganancia de proteínas en cerdos jóvenes (6-26 kg) (González et al., 2014)



Debido a estas diferencias en la ganancia de proteínas, existen diferencias en los requerimientos nutricionales, especialmente en las necesidades de aminoácidos. Estos factores se deben de tomar en cuenta cuando se definen las necesidades nutricionales de cerdos con diferentes estados de salud.

4.10.2 Mejorando la actividad inmunológica y la salud

Se deben de considerar las formas en las que se puede mejorar el estado inmunológico de los lechones y las siguientes son de gran interés.

- Mejorar el peso que tiene el lechón al nacer y el desarrollo de la fibra muscular.
- Mejorar las reservas minerales y de glucógeno que tiene el lechón al momento de nacer.
- Mejorar la calidad y la cantidad de calostro y de leche.
- Realzar el contenido inmunológico del calostro.
- Establecer una microflora intestinal optima durante el amamantamiento.
- Mantener un nivel óptimo de minerales y vitaminas durante el destete y en las etapas posteriores a este.
- Suplementar la alimentación de los lechones (Se, Zn, Cu, Fe, Vitamina E, etc.)
- Disminuir al máximo el estrés durante el destete.
- Mantener un ambiente apropiado.
- Buen manejo de los animales.
- Administrar ingredientes proactivos y mejoradores del sistema inmunológico.

De acuerdo con lo anterior, ha existido un creciente interés en el uso de aditivos dietéticos que ayuden a mejorar el sistema inmunológico. Un producto que tiene dicha función es el oligosacárido manano Bio-Mos, el cual ha sido profundamente estudiado. Los resultados que arrojaron 49 estudios en donde Bio-Mos se adicionó a la dieta de lechones destetados demuestran un aumento del 2,0% en la ingesta de alimento, un 4,2% en el mejoramiento de las tasas de crecimiento y un 2,6% en la eficiencia del alimento (Tabla 5.10.2)

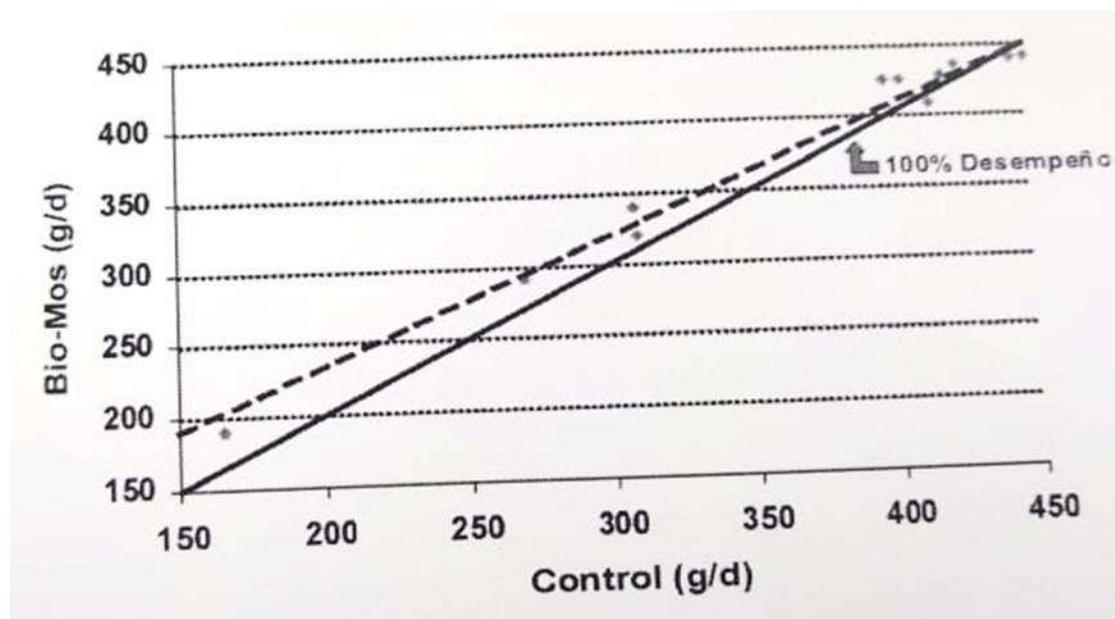
Tabla 5.10.2 Efectos de Bio-Mos en el desarrollo post-destete de lechones.

Peso corporal (kg)	Control	Bio-Mos	% de cambio
Ingesta de alimento, g/d	586	598	2,0
Tasa de crecimiento, g/d	376	392	4,2
Alimento: ganancia, g/g	1,56	1,52	-2,6

Un análisis económico muestra un aumento neto de 0,26 USD (AUD 0,40) por cerdo cuando se utilizó Bio-Mos.

Como se indica en la figura 5.10.2., a menor desempeño de los lechones, mayor es la respuesta de Bio-Mos. Esto no es sorprendente ya que una de las mayores limitaciones del buen desempeño post-destete en el estado de salud o el estado inmunológico.

Figura 5.10.2. Bio-Mos: Efectos en la tasa de crecimiento de lechones (17-21 días de edad) (Pettigrew & Tropp, 2000)



4.10.3 Hipersensibilidad a los ingredientes de la dieta

Existe un gran interés en la provisión de creep feed durante la etapa de amamantamiento y su relación con el inicio y la severidad de la diarrea. Se ha sugerido que los cambios morfológicos intestinales que ocurren después del destete se deben a una hipersensibilidad transitoria a los

componentes antígenos de la dieta. Una hipótesis dice que una ingesta alta de creep feed antes del destete hace al sistema inmunológico más tolerante, mientras que una ingesta baja desencadena reacciones inmunológicas y predispone al lechón destetado a padecer diarrea.

La ingesta de pequeñas cantidades de ciertas proteínas antes del destete, especialmente soya, sensibiliza al sistema inmunológico en el intestino, de manera que existe una reacción adversa cuando se ingieren grandes cantidades de las mismas proteínas después del destete. El daño intestinal no solo causa diarrea, sino que también hace al intestino mucho más vulnerable a la proliferación entero-patogénica.

Un estudio francés sugiere que los lechones necesitan consumir 600-700 gramos de creep feed antes del destete con el objetivo de asegurar que el sistema inmunológico se vuelva tolerante a los antígenos. Por otro lado, muchos estudios demuestran un aumento en la incidencia de diarrea al alimentar a los lechones con comida deshidratada antes del destete. Por lo tanto, la información relacionada con la ingesta de creep feed y la diarrea es ambigua.

4.11 ALTERNATIVAS A LOS ANTIBIOTICOS PROMOTORES DEL CRECIMIENTO

4.11.1 Aditivos para alimentos

Existe una gran preocupación acerca de la transmisión de bacterias resistentes a ciertas enfermedades a los humanos y esto ha traído como consecuencia la prohibición en muchos países del uso de antibióticos promotores del crecimiento en los alimentos para animales. Los lechones son mucho más susceptibles que los cerdos que se encuentran en la fase final y, debido a esto, se han desarrollado muchas alternativas. Este tema se discutió en la Sección 2.8.

4.11.2 Experiencias prácticas

Dinamarca fue uno de los primeros países en prohibir el uso de los antibióticos promotores de crecimiento (AGPs, por sus siglas en inglés) en todos los tipos de alimentos para cerdos. El “National Committee for Pig Production” se ha encargado de monitorear el desempeño de los lechones y cerdos en la fase final de varias granjas con el objetivo de valorar las consecuencias del retiro de los AGPs de su dieta. Las observaciones fueron las siguientes.

En cerdos en la etapa final:

- 63% no experimentaron problemas.
- 26% experimentaron un decremento temporal en la tasa de crecimiento.
- 11% experimentaron problemas permanentes.

En lechones destetados:

- Aumentó la mortalidad post-destete (Figura 5.11.1)

- Se redujo la tasa de crecimiento post-destete (Figura 5.11.1)
- Se incrementó la diarrea post-destete.
- Se incrementaron las infecciones crónicas (*Lawsonia intracellularis*).
- Se incrementó la carga nutricional.
- Hubo una reducción en la utilización de los nutrientes.
- Mayores tratamientos animales con antibióticos.

Como conclusión, los lechones son mucho más susceptibles al retiro de los AGPs que los cerdos en fase final.

Entre las estrategias que se han llevado a cabo para superar los problemas relacionados con el retiro de los AGPs están:

- Desarrollo de los sistemas Todo fuera/ Todo dentro desde lechones hasta cerdos en fase final.
- Aumentar el espacio de las corraletas o reducir el número de cerdo en cada corraleta (a menor tasa de crecimiento de los lechones, mayor tiempo de estancia en la corraleta dando como resultado una sobrepoblación.)
- Mejorar el diseño, manejo y mantenimiento de los sistemas de ventilación.
- Restricción alimenticia en el periodo post-destete en vez de ad-libitum
- Proveer “dietas protectoras” basadas en proteínas animales y de la leche (pescado, suero de leche, suero de leche en polvo y leche descremada en polvo) y una gran cantidad de cebada.
- Incluir aditivos alimenticios que ayuden a la digestión y a la absorción.

4.12 TRANSPORTE DE LOS CERDOS DESTETADOS

El transportar a los cerdos destetados de 3 o 4 semanas de edad a través de distancias considerables se ha vuelto una práctica muy común en Australia debido al desarrollo de sistemas especializados de crianza como muchos de los lechones destetados no comen ni toman agua durante muchas horas después del destete, pasar todo este tiempo en el transporte tiene un gran impacto en el desempeño.

El Model Code of Practice for the Welfare of Animal-Land Transport of Pigs (Standing Committee on Agricultural and Resource Management Report No 63, 1997) no hace ninguna recomendación en la distancia que deben recorrer los cerdos de 50 kg de peso corporal. La más reciente recomendación para el tránsito de los cerdos se publicó en el Canadian.

Veterinary Journal en el 2002. Los autores basaron sus recomendaciones en varias bibliografías y en la consulta que hicieron con varios transportistas y grupos de protección animal (Tabla 5.12.1).

Tabla 5.12.1 Espacio mínimo permitido para transportar a cerdos de 5 a 50 kg de peso corporal en condiciones normales y en condiciones de calor.

Peso corporal (kg)	Condiciones normales (m por cerdos)	Condiciones de calor (arriba de 25°C) (m2 por cerdo)
5	0,06	0,08
10	0,09	0,11
15	0,11	0,13
20	0,13	0,16
25	0,14	0,18
30	0,16	0,20
35	0,18	0,22
40	0,19	0,24
45	0,20	0,26
50	0,22	0,27

Elaborado por: 56 El Autor (2023) en referencia a (Whiting & Brandt, 2002)

Estos valores son un poco más altos que aquellos utilizados en USA para transportar a lechones destetados de 17 a 21 días de edad, donde muchos productores permiten 0,046 m2 (21 cerdos por m2) en ambientes fríos y 0,056 m2 por cerdo (18 cerdos por m2) en ambientes cálidos.

Otros de los factores que deben ser considerados en el transporte de lechones destetado son:

- Protegerlos del viento y de la luz del sol.
- Facilidades de carga y descarga.
- Oportunidad de encontrar agua.

4.13 FACTORES CLAVE QUE INFUYEN SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL LECHÓN

Parámetros	Productividad	Comentarios	Prioridad 1-6
Numero de lechones destetados por camada, numero de camadas /cerdas/año			
Edad al destete, días Peso corporal al destete, kg Edad al retiro, días (por ejemplo 70 días)			
Peso corporal al retiro, kg Tasa de crecimiento, g/día			
Revisión del crecimiento post-destete, si/no ¿Cuántos días?			
Mortalidad Post-destete, %			

Causas			
Especificación de las dietas: Fase 1 (días) Fase 2 (días) Fase 3 (días)	Energía lisina (MJ DE/kg) (g/kg)	Ingesta de alimento (g/d) Tipo de alimento malta, pelets y harina.	
Tipo de comedero espacio, cm/lechón			
Diarrea post-destete, Si/no Severidad (1-3) /duración, días Aditivos/ drogas en el alimento			
Tipo de bebedero lechones/bebedero flujos de agua, litros/min			
Tipo de acomodo convencional alternativo cama(si/no) y tipo por ejemplo paja			
Tamaño de la corraleta No de cerdos/corraleta o grupo			
Temperatura, °C ventilación ¿hay corrientes? Luz			
Sistemas todo fuera/todo dentro (si/no)			

4.14 LECHONES DESTETADOS: PROBLEMAS GENERALES

Problemas	Factores	Consecuencias
Anemia	Ingesta de hierro	Cerdos pálidos y muerte repentina
Diarrea/ enteritis	Nutrientes inadecuados, atrofia de los villus, infección con coniformes, ileitis, salmonella, enteritis, colitis.	Alta mortalidad, desempeño bajo
Diarrea después del nacimiento/destete	Colitis, salmonella, E. coli	Bajo peso corporal en lechones y alta mortalidad
Hemorragia/heces	Estrés, nutrición	Úlceras gástricas
Intoxicación con hierro	Estado inmunológico bajo, deficiencia de selenio y de vitamina E	Debilidad y muerte después de inyecciones de hierro
Bajo ingesta de alimento	Ambiente, calidad de los ingredientes de la dieta, micotoxinas, hongos	Baja viabilidad de los cerdos
Enfermedad del corazón de mora	Deficiencia de selenio y vitamina E	Alta mortalidad
Neumonía	Contaminación del aire, polvo, ambiente, amoniaco y contaminación del aire	Tos, estornudos, bajo desempeño, debilidad y muerte
Cerdos deprimidos	Ambiente, gases, nutrientes inadecuados	Baja productividad y alta mortalidad
PW/MS/PDNS	Estado inmunológico bajo, estrés Síntomas del virus Circo	Inapetencia, bajo crecimiento y desempeño, debilidad y alta mortalidad
Prolapso rectal y vaginal	Nivel de fiebre, micotoxinas, antibióticos	Alta mortalidad

Problemas respiratorios	Polvo, amoníaco y contaminación del aire	Tos, estornudos, bajo desempeño, debilidad y muerte.
Patas abiertas	Factores genéticos, tipo de piso, micotoxinas en el alimento	Alta mortalidad antes del destete
Problemas de comportamiento	Problemas ambientales, problemas nutricionales y enfermedades	Daños en las orejas y en la cola, estrés y reducción en el desempeño
Vomito	Úlceras gástricas y micotoxinas	Estrés, desempeño pobre y vómito

CAPÍTULO 5

5 EI CERDO EN CRECIMIENTO/TERMINACIÓN

5.1 INTRODUCCIÓN

La alimentación y la gestión de la granja con las variables más importantes y críticas que afectan la productividad y la rentabilidad de la producción porcina. Sin duda, el costo del alimento representa aproximadamente un 65-70% del total de los costos de producción y de ello, más del 50% se produce durante la fase de crecimiento y terminación.

Cualquier factor que influya sobre la utilización del alimento tendrá un marcado efecto sobre los costos globales de producción. Garantizar que se apliquen las dietas apropiadas, la debida gestión del alimento y las prácticas adecuadas de alimentación, significa reducir los costos y aumentar los beneficios. Por lo tanto, el alimento debe monitorearse en forma precisa y utilizarse de la manera más eficiente en todas las granjas.

De hecho, la alimentación es el componente del sistema que el productor controla directamente; él es quien decide qué y cuánto administrar como alimento. Esta decisión tiene un impacto directo sobre la rentabilidad, pues la cantidad de alimento consumido controla los tres componentes más importantes del beneficio:

- Tasa de crecimiento y, en consecuencia producción porcina.
- Eficiencia de conversión del alimento y, por ende, de los costos del alimento por kilogramo de ganancia.
- Composición de la canal y características de graduación y, por lo tanto ingreso recibido por cerdo.

La estrategia de nutrición y de alimento debe por lo tanto garantizar una tasa de crecimiento óptima, eficiencia de aprovechamiento del alimento y características de la canal.

A lo largo de los últimos 30 años ha habido una mejora considerable en la tasa de crecimiento, en la eficiencia de conversión del alimento y en las características de la canal. Esto se ha logrado a través de procedimientos de selección de índices tales como tasa de crecimiento, ganancia magra, eficiencia de conversión del alimento en tejido magro, carne de canal magra o espesor P2 de la grasa dorsal, área del músculo del lomo e incluso ciertos parámetros de calidad de la carne. En consecuencia, los híbridos de cerdos modernos son muy diferentes de los que existían hace 30 años y los cambios en el desempeño del cerdo lo reflejan (Tabla 6.1). Sin duda, los genotipos del cerdo moderno tienen una capacidad para lograr tasas de

crecimiento superiores a 1,0 kg/día, en comparación con los 0,5-0,6 kg/día que se lograban en el pasado.

Tabla 6.1 Los cambios ocurridos en el desempeño del cerdo en crecimiento-terminación a lo largo de los últimos 30 años (MLC)

	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
ICA*,kg/kg	3.8	3.4	2.9	2.8	2.7	2.58	2.6
P2a 100 kg, mm	-	22	19	14.5	13.0	11.5	10.8

*Índice de Conversión del Alimento

A pesar de esta mejora considerable en el potencial genético, el desempeño en la práctica suele estar muy por debajo de lo esperado, El análisis del desempeño de la piara en crecimiento-terminación en 27 granjas (Pig Stats, 2002) reveló que entre el destete y el beneficio a los ~100 kg, la tasa de crecimiento media fue de 582 g/día, pero osciló entre 417 g/día y 697 g/día. Aun cuando varios factores pudieran haber contribuido, ello destaca la variación considerable que existe en el desempeño entre granjas.

Si ha de lograrse el potencial considerable del cerdo en crecimiento-terminación, es necesario conocer a cabalidad los factores que influyen sobre el desempeño y la variabilidad.

La presente sección versa entonces sobre:

- Los cambios en la tasa de crecimiento y su composición a medida que el animal crece y se desarrolla; es decir, por qué hay diferencias en el desempeño del cerdo
- El potencial de crecimiento y los niveles de desempeño deseados
- Cuál es la mejor forma de satisfacer las necesidades de nutrientes del cerdo, incluyendo el manejo del alimento
- Alimentar en función de las características óptimas de la canal
- El efecto del ambiente y del alojamiento
- Las consecuencias del estado inmune y de salud del cerdo
- La importancia de la buena gestión, alojamiento apropiado y cuidadores capacitados.

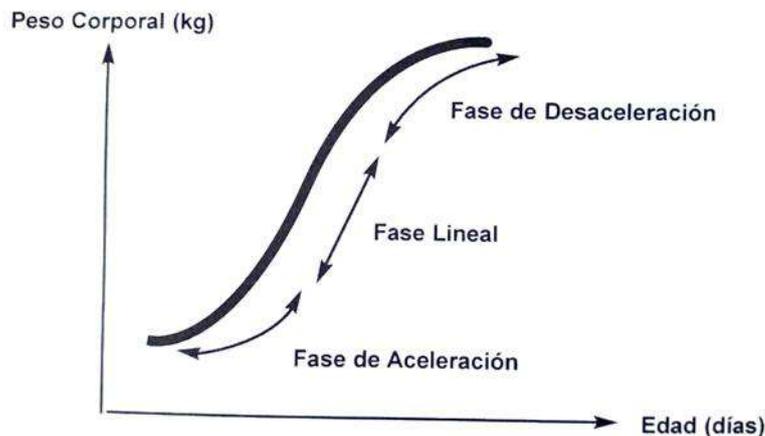
5.2 CONOCIMIENTO SOBRE CRECIMIENTO Y TASA DE CRECIMIENTO

5.2.1 Crecimiento

El propósito del crecimiento es alcanzar la madurez; el tiempo que ello tome dependerá de la velocidad a la cual el animal aumente su tejido magro como grasa. Generalmente, entre mayor sea el tamaño y el peso corporal del animal maduro, mayor será la tasa de crecimiento global. El peso corporal del cerdo es de 350-450kg.

En Al inicio del crecimiento, el cerdo tiene el potencial de crecer a una tasa muy rápida. Más adelante, la tasa de ganancia es fundamentalmente constante y lineal y posteriormente desacelera a medida que el animal se aproxima a la madurez. En la Figura 6.2.1 se presenta una curva de crecimiento típica durante la vida de un cerdo.

Figura 6.2.1 Curva de crecimiento típica del cerdo



Esta curva en forma de S representa el crecimiento potencial del cerdo. Sin embargo, bajo condiciones de la granja puede no siempre lograrse el crecimiento óptimo ya que la nutrición, el alojamiento, el estado de salud u otros aspectos de la gestión de la granja y de la cría pueden tener efectos limitantes.

5.2.2 Factores que influyen sobre la tasa de crecimiento

Existen grandes diferencias en la habilidad de los cerdos para crecer y convertir el alimento en carne de canal. Los principales factores son:

- Raza y genotipo
- Sexo del animal
- Estado de salud
- Dieta y gestión del animal
- Agua
- Tamaño del grupo: espacio de piso y del comedero
- Ambiente: temperatura, velocidad del aire, ventilación, humedad relativa, etc.
- Gestión/ capacitados

Cada uno de estos factores representa un desafío diferente para el animal y, en consecuencia, influye sobre la tasa de crecimiento. Es importante saber en qué medida y como ejercen su efecto. Por ejemplo, es bien sabido que hay considerables diferencias en el desempeño entre granjas, a pesar de que se utilicen las mismas razas de cerdos y los mismos tipos de alimentos.

Aun dentro de grupos de cerdos criados bajo condiciones similares, existe una amplia variación en la tasa de crecimiento (Tabla 6.2.1). El objetivo debe ser que el crecimiento sea lo más rápido posible, con una variación mínima, conforme a las características deseables de la canal y calidad de la carne para consumo. Entre más rápida la tasa de crecimiento, mayor la eficiencia de la utilización del alimento y se reduce el número de días para llegar al peso de terminación, reduciéndose los costos.

(25-110kg de peso corporal)

Tabla 6.2.1 La tasa de crecimiento de los cerdos bajo condiciones comerciales

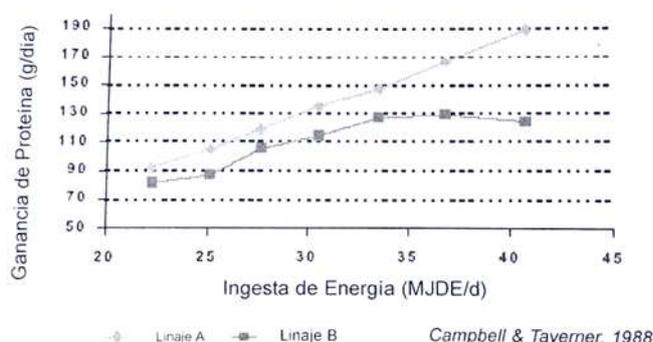
Tasa de crecimiento (g/d)	% de cerdos	ICA (g/g)	Tiempo hasta el peso final (días)
<500	1,1	3,51	165
500-600	17,9	3,22	148
600-700	57,9	3,03	131
700-800	21,4	2,89	115
>800	1,7	2,74	99

Elaborado por: 57 El Autor 82023) en referencia a (Burgstaller, 1995)

5.2.3 Efectos de la raza

Uno de los principales factores que influyen sobre la tasa de crecimiento es la calidad genética del ganado. Esto es fundamentalmente el resultado de las diferencias en el potencial para desarrollar proteína o tejido magro, lo cual fue elocuentemente demostrado por el trabajo de Roger Campbell y Mike Taverner en 1988, cuando compararon dos genotipos contrastantes a los largo del periodo de crecimiento de 45 a 90 kg de peso corporal (Figura 6.2.2).

Figura 6.2.2. El efecto de la ingesta de energía sobre la tasa de ganancia de proteína de cerdos machos enteros de una raza mejorada (Linaje A) o de una mejorada (Linaje B).



El linaje A había sido sometido a intensas mejoras genéticas durante varios años, en tanto que pocos esfuerzos se habían desplegado para mejorar el linaje B. En consecuencia, el linaje A alcanzó su tope máximo de ganancia de proteína de 189 g/día a una ingesta de 41 MJ DE/día,

en tanto que el linaje B solamente alcanzó un máximo de 129 g de proteína/día con una ingesta de 36 MJ DE/día.

Interesantemente, si se hubiera podido lograr que los animales del linaje A ingirieran más alimento, los indicadores señalan que habría aumentado la proteína o el tejido magro a una tasa aún mayor por día. Por otra parte, la ingesta a la cual el linaje B maximizó la ganancia de proteína o de tejido magro estaba muy por debajo del apetito del animal. La energía adicional consumida se utilizaría entonces para la deposición de grasa y esto conllevaría a una menor eficiencia de la conversión del alimento y a una canal más grasa al momento del sacrificio.

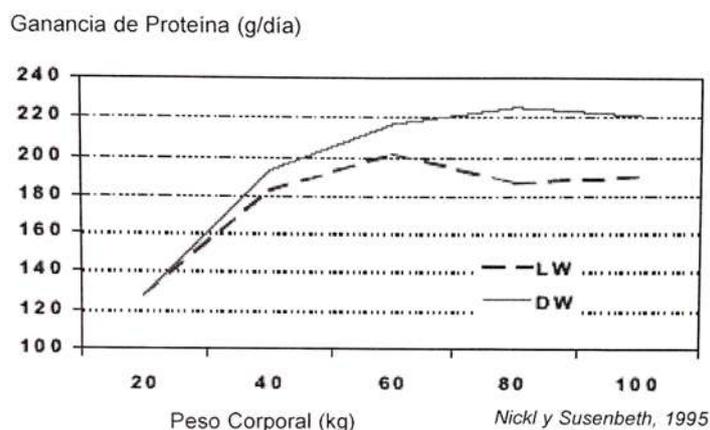
Simplemente, el hecho de que los animales tengan tasas de crecimiento similares no significa que tengan los mismos. Índices de ganancia de tejido magro y graso. Esto se hizo evidente a partir de los resultados de un ensayo desarrollado por MLC (1988) en el cual se evaluaron cuatro razas de cerdos (Tabla 6.2.2). Hubo poca diferencia en la tasa de crecimiento, pero si una variación considerable en las ganancias de tejido magro y de tejido graso de los animales. Igualmente, resulta interesante observar cómo pequeños cambios en la ganancia de tejido graso produjo marcadas diferencias en los valores del espesor de la grasa dorsal en P2.

Tabla 6.2.2. Crecimiento y Características de la Canal de cuatro razas de cerdos

Raza	A	B	C	D
Tasa de crecimiento, kg/d	0.84	0.77	0.83	0.80
ICA, kg/kg	2,53	2.84	2.68	2.67
Crecimiento del tejido magro, g/d	401	318	369	363
Crecimiento esperado del tejido graso, g/d	151	205	174	154
Hot P2, mm	11.2	16.2	12.9	11.9

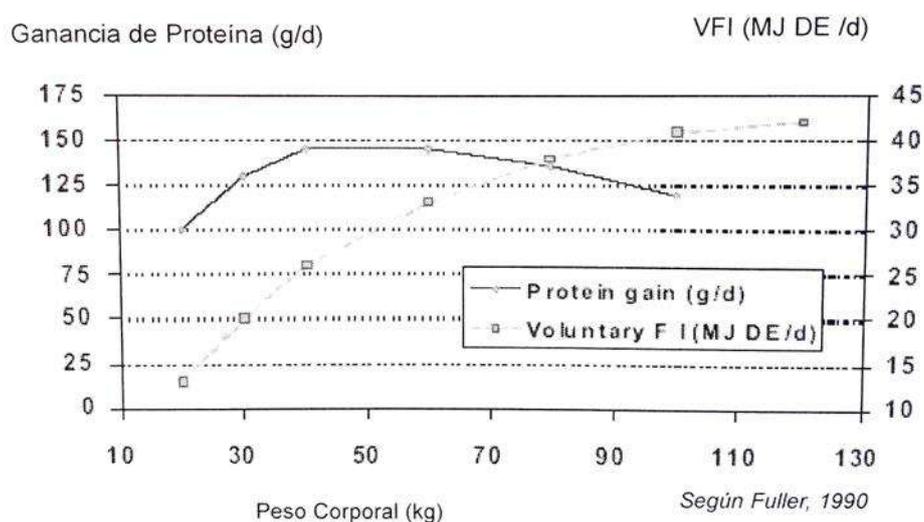
Sin embargo, no basta con conocer la respuesta media de la deposición de proteína o de tejido magro para diversos pesos corporales; lo importante es el patrón de ganancia de proteína o de tejido magro (Figura 6.2.3). Esto ilustra cómo la ganancia de proteína cambia al aumentar el peso corporal de dos tazas de cerdos. Dicha información es necesaria para determinar los requerimientos nutricionales del animal. Es interesante destacar que la ganancia de proteína en ambas razas de cerdos aumentó hasta 60 kg de peso corporal, pero la tasa de incremento varió. De ahí en adelante se llegó a una meseta en la cual el cerdo DW logró una ganancia media de proteína de 220 g/día, en comparación con apenas 190 g/día para el cerdo LW.

Figura 6.2.3 Ganancia de Proteína en el genotipo del cerdo moderno.



Surge la pregunta de si el cerdo puede consumir suficiente alimento en todas las etapas del crecimiento para satisfacer su potencial genético en función de la ganancia de proteína y de tejido magro. Desafortunadamente, en las primeras etapas del crecimiento, el potencial genético de muchos animales supera la ingesta de nutrientes; en otras palabras, su apetito es inadecuado para alcanzar el desarrollo de su potencial genético (Figura 6.2.4). Esto representa una menor eficiencia y destaca la necesidad de garantizar que el apetito sea el mayor posible a lo largo de todas las etapas del crecimiento.

Figura 6.2.4 La relación cambiante entre el potencial genético para la deposición de proteína y el apetito o la Ingesta Voluntaria de Alimento (VFI) del cerdo



5.2.4 El Efecto del Sexo

Existen diferencias bien establecidas en desarrollo del tejido magro de los machos enteros, los castrados y las cerdas jóvenes. Al mismo nivel de ingesta de nutrientes, el macho entero tiene la tasa más rápida de ganancia de proteína y de tejido magro, el castrado la más lenta y la cerda joven acusa una tasa intermedia.

En general, las cerdas jóvenes tienen 10 % menos de ganancia de proteína y los machos castrados tienen un 20 % menos de ganancia de proteína que los machos enteros.

La tasa de deposición para los genotipos modernos de rápido crecimiento, bajo condiciones comerciales y sin modificadores metabólicos son:

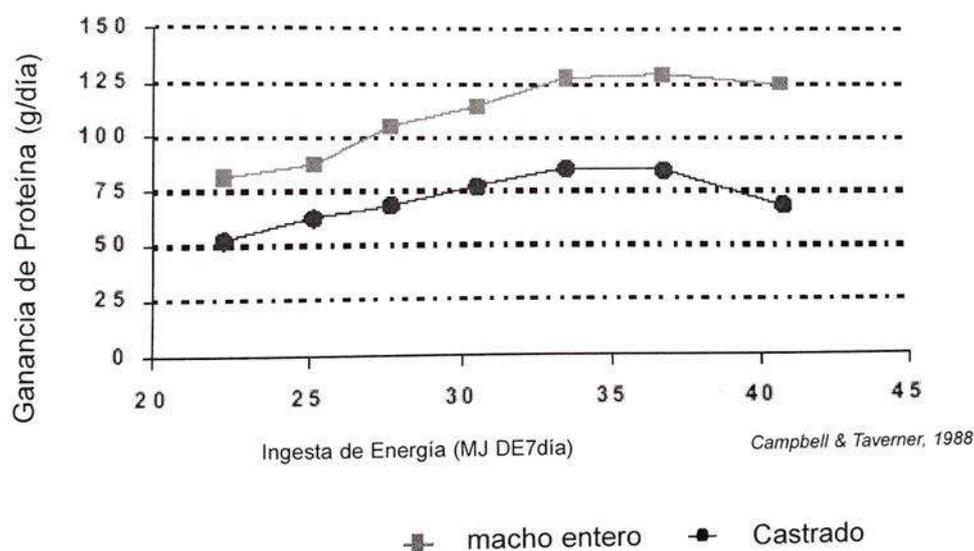
Macho entero: 180 g/día

Cerda joven: 165 g/día

Macho castrado: 150 g/día

La diferencia entre sexos también ha sido destacada por Campbell y Taverner (1988) al comparar la ganancia de proteína de los machos enteros y castrados de razas similares (Figura 6.2.5).

Figura 6.2.5 La ganancia de proteína de los cerdos machos enteros y castrados.



5.2.5 Otros factores

Los otros factores importantes que influyen sobre el crecimiento y el desempeño se analizan más adelante en el presente capítulo: estado de salud (6.10), dieta y manejo del alimento (6.5), agua (6.7), tamaño del grupo (6.8), ambiente (6.8) y gestión/ capacitación de los cuidadores (6.8).

5.2.6 Composición química del crecimiento

La composición de la ganancia cambia a medida que el animal crece y se desarrolla. La ganancia representa la acumulación de volumen intestinal, proteína, agua, grasa y ceniza en el cuerpo. Generalmente, 5 % del aumento en la ganancia se asocia con el aumento en el volumen de llenado del intestino. Por lo tanto:

- **Ganancia de peso corporal vacío (EBWG) = 0,95 x ganancia de peso corporal (BWG).**

Para el cerdo moderno con una buena capacidad para crecer y depositar proteína y tejido magro, aproximadamente el 18 % de la ganancia de peso corporal vacío es ganancia de proteína. Por lo tanto:

- **Ganancia de Proteína (PG) EBWG x 0,18**

La relación entre proteína y agua es bastante constante en el cuerpo. Por cada gramo de proteína depositado, se depositarán 3,35 g de agua. Por lo tanto:

- **Ganancia de Agua (WG) = 3,35 x PG**

Aproximadamente 3 % del EBWG es ceniza, Por lo tanto:

- **Ganancia de ceniza (AG) = 0,03 x EBWG**

En consecuencia, la ganancia de tejido graso es la única incógnita y puede calcularse por la diferencia. Entonces:

- **Ganancia de tejido graso (FG) = (0,95 x BWG) - (PG + WG + AG)**

Por lo tanto, si se conoce la tasa de crecimiento y, suponiendo que una cierta proporción de ésta es ganancia de proteína, entonces se puede calcular la composición de la ganancia. Por supuesto que esto es necesario para calcular los requerimientos de nutrientes.

La Tabla 6.2.3 presenta una idea aproximada de la ganancia de proteína y de tejido graso de los animales con tasas de crecimiento similares, pero de diferente contenido de proteína en la ganancia, calculándola a partir de las ecuaciones antes definidas.

Tabla 6.2.3 Cálculo de la composición del crecimiento a diferentes contenidos de proteína.

Ingesta de alimento	Tasa de crecimiento	Contenido de proteína	Ganancia de proteína	Ganancia de tejido graso	Grasa: Proteína
(kg/d)	(g/d)	(%EBG)	(g/d)	(g/d)	(g/g)
2,0	800	19	145	106	0,73:1
2,0	800	18	137	141	1,03:1
2,0	800	17	129	176	1,36:1

5.2.7 Composición química y física de la canal

El crecimiento representa la acumulación de proteína, agua, grasa y ceniza en el cuerpo. Las proporciones de estos cambian a medida que el cerdo crece y se desarrolla, de manera que para

el momento del sacrificio a los ~100kg de peso corporal, la composición de un cerdo típico será 65% agua, 16% proteína, 16%grasa y 3% ceniza (Tabla 6.2.4)

Tabla 6.2.4 Cambios en la composición química de los cerdos

	Nacimiento	28 días	100kg
Agua, %	77	67	65
Proteína, %	18	16	16
Lípidos, %	2	14	16
Ceniza, %	3	3	3

Para un cerdo típico de 100kg de peso corporal al momento del sacrificio, el rendimiento de la canal es ~75kg, es decir un porcentaje de 75% aprovechable, siendo el 25% restante contenido intestinal, residuos de matadero, sangre, intestinos y cerdas. El rendimiento de la canal o el porcentaje de partes utilizables puede variar dependiendo del proceso de la faena (ej. 68% en WA).

De la canal, 57kg (76%) corresponden a carne comestible, siendo el resto piel, huesos y desechos. De los 57kg de carne comestible, unos 43kg (76%) son carne magra y 14kg (24%) son grasa.

Los productores deberían estar interesados en el potencial de crecimiento de la proteína o tejido magro de sus cerdos, ya que los animales con alto contenido de tejido magro o de proteína son más eficientes para convertir el alimento en ganancia corporal magra o peso vivo. La meta para todos los cerdos al momento de la faena debe ser tener entre 57-60% de carne magra en la canal, ya que esta representa la combinación más deseable en términos del índice tejido magro: tejido graso (Tabla 6.2.5).

Tabla 6.2.5 Ganancia de tejido magro y graso en la canal en cerdos con distinto contenido de tejido magro al momento del sacrificio.

		% magro con 109kg de peso vivo		
		57	50	43
Contenido de la canal:	Magro, kg	46.7	40.8	34.9
	Graso, kg	19.5	26.3	32.7
Índice: magro/graso, kg: kg		2.39	1.55	1.07

5.3 RESPUESTA A LOS NUTRIENTES

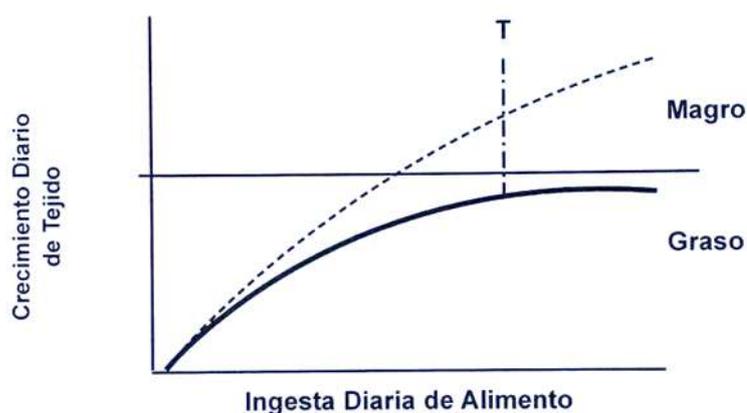
5.3.1 Respuesta a la ingesta de alimento

Los nutrientes necesarios en la dieta para depositar tejido magro y graso son muy distintos en términos de energía, proteína y aminoácidos. Los animales que acusan altos índices de crecimiento suelen tener una mayor capacidad para depositar tejido magro y requieren una mayor ingesta de aminoácidos que los animales con menor capacidad. Por ejemplo, un cerdo que crece a razón de 800g/día, con un crecimiento de tejido magro de canal de 400g/día, requiere una cantidad y un balance de nutrientes diferente al de un animal que crezca a razón de 1000g/día, con una tasa de crecimiento de tejido magro en canal de 550g/día. Por lo tanto, es necesario comprender como los animales responden a los nutrientes y como estos son utilizados por el organismo para las diferentes funciones metabólicas.

Una indicación de la relación entre la ingesta de alimento y la ganancia de tejido magro y graso, se ilustra en la Figura 6.3.1. Esto demuestra que a medida que aumenta la ingesta diaria de alimento, hay un incremento tanto en la ganancia de tejido magro como graso. Cuando la ingesta es baja, la mayor parte de la ganancia es magra, con un mínimo de grasa. Sin embargo, a medida que la ingesta aumenta, se llega a una ingesta (T) en la cual ya no hay más incremento de la ganancia magra. Esto representa la capacidad genética del animal para aumentar su tejido magro y la ingesta por encima de este nivel no podrá aumentar más el tejido magro.

Sin embargo, habrá un aumento de la ganancia grasa, a medida que el exceso de nutrientes que no son necesarios para la ganancia de tejido magro se convierte en deposición. La ingesta (T) representa entonces la ingesta a la cual se obtiene el máximo aprovechamiento del alimento

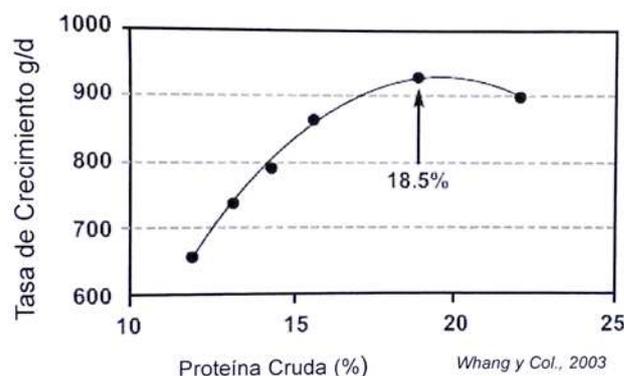
Figura: 8 Figura 6.3.1 Respuesta a los nutrientes



El propósito del alimento es suministrar nutrientes y lo importante es el balance de estos, especialmente, la relación entre energía, proteína y aminoácidos. Aumentar la ingesta de

proteína cuando la ingesta de energía no es un factor limitante, aumentara la tasa de crecimiento hasta el potencial genético del animal, como lo indica la Figura 6.3.2. En este ejemplo correspondiente a cerdos entre 30 y 45 kg de peso corporal, la tasa de crecimiento se maximiza con una ingesta de 185 g/kg o 18,5% de proteína cruda. Este nivel también corresponde a una ingesta en la que la relación alimento: ganancia es mínima.

Figura 6.3.2 Efecto de la ingesta de proteína sobre la tasa de crecimiento



Sin embargo, el propósito de la proteína es suministrar aminoácidos y por lo tanto es más pertinente concentrarse en la ingesta de aminoácidos, particularmente lisina, ya que es el aminoácido más limitante. En el estudio presentado en las Figuras In 6.3.3 y 6.3.4 la tasa óptima de crecimiento y la relación alimento: ganancia se lograron con un contenido de lisina de 18,2 g/día.

Figura 6.3.3 Lisina y Tasa de Crecimiento (Cerdos de 30-45 kg) (Dieta: 14.5 MJ DE/kg; 6,6-13,0 g lisina/kg).

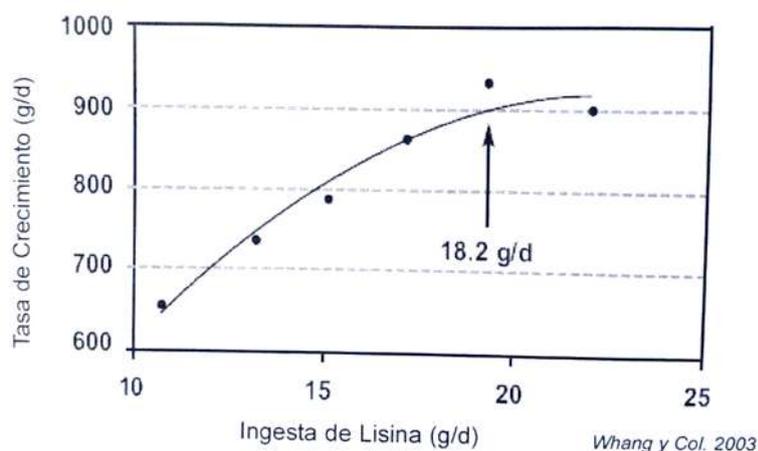
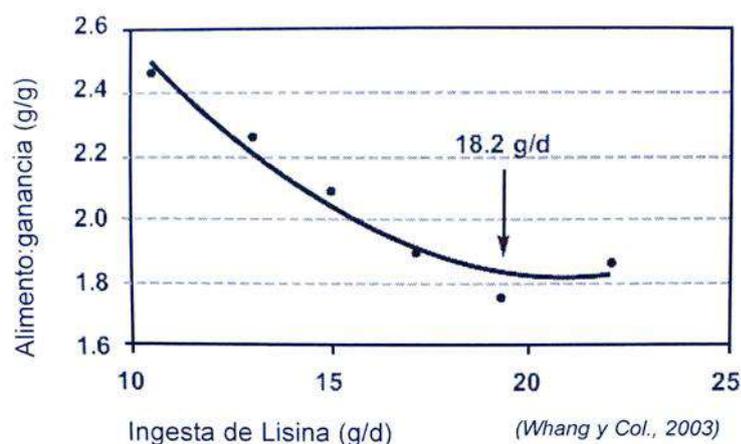


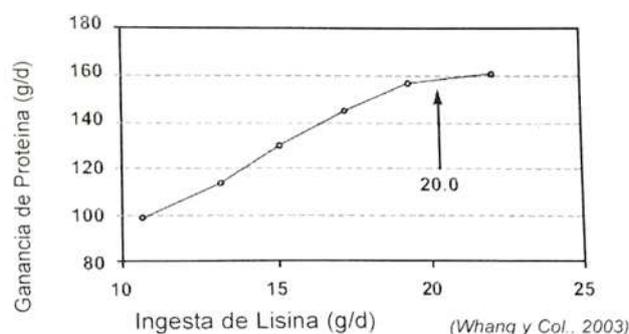
Figura 6.3.4 Lisina y alimento: ganancia (cerdos de 30-45kg) (Dieta: 14.5 MJ DE/kg; 6.6-13.0 g lisina/kg).



A pesar de que las relaciones anteriores son curvilíneas, con frecuencia se describen en forma de una meseta lineal, pues resulta más fácil de interpretar y de aplicar en la práctica.

Tal vez sea más apropiado discutir el efecto de los aminoácidos sobre la ganancia de proteína. La figura 6.3.5 ilustra el efecto de incrementar la ingesta de lisina sobre la ganancia de proteína, hasta que alcance el potencial genético del animal. Existe un aumento lineal de la ganancia de proteína con respecto a la ingesta de lisina, hasta alcanzar el potencial genético del animal; es decir, en este ejemplo, una ganancia de proteína de 160g/día y una ingesta de lisina en la dieta de 20 g/día. La ingesta por encima de este nivel no genera ganancia de proteína, pero si aumenta la deposición de grasa y genera una disminución de la eficiencia de conversión de alimento. Todo el excedente de proteína y de aminoácidos se des-aminan para suministrar energía, la cual puede luego utilizarse para la deposición de grasa. Este es un proceso ineficiente que genera una peor eficiencia de conversión de alimento.

Figura 6.3.5 Ingesta de lisina y ganancia de proteína (cerdos de 30-45 kg) (Dieta: 14.5 MJ DE/kg; 6.6-13.0 g lisina/kg).

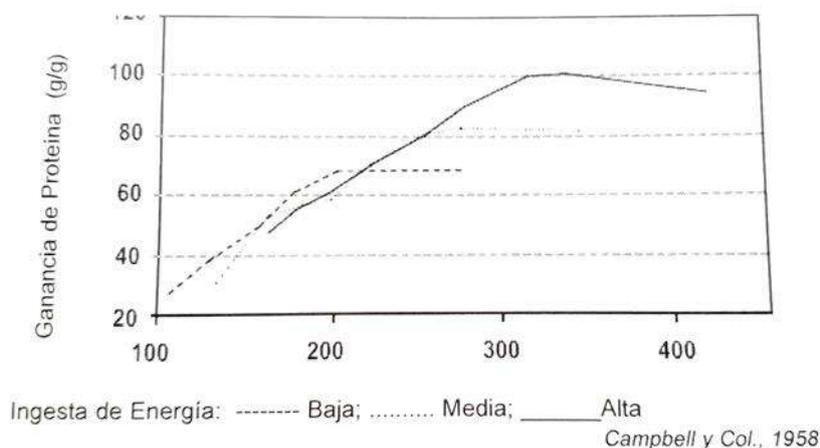


5.3.2 Respuesta a la energía y a los aminoácidos

Suministrar la cantidad apropiada de lisina en la dieta puede no siempre generar una tasa de crecimiento óptima o una ganancia proteica / tejido magro. A menos que la dieta sea balanceada en todos los demás aminoácidos esenciales y otros nutrientes (especialmente

energía), no puede lograrse un desempeño óptimo. El nivel adecuado de proteína y aminoácidos debe estar balanceado con la ingesta correcta de energía. Esto se ilustra en la Figura 6.3.3., en donde a diferente ingesta de energía se describe la respuesta de la ganancia de proteína a la ingesta de ésta.

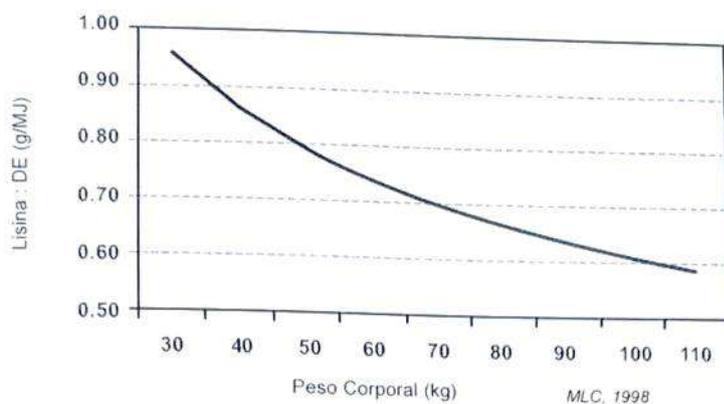
Figura 6.3.6 Efecto de la ingesta de energía sobre la ganancia de proteína



Estos resultados demuestran claramente que a menos que haya suficiente energía en la dieta para "alimentar" el metabolismo proteico, no podrá lograrse la máxima tasa de ganancia de proteína. Por este motivo en muchos países se acostumbra a expresar las necesidades nutricionales de los animales como el balance o el coeficiente de lisina: energía; es decir, la cantidad de lisina necesaria por unidad de energía (o viceversa) para optimizar el desempeño.

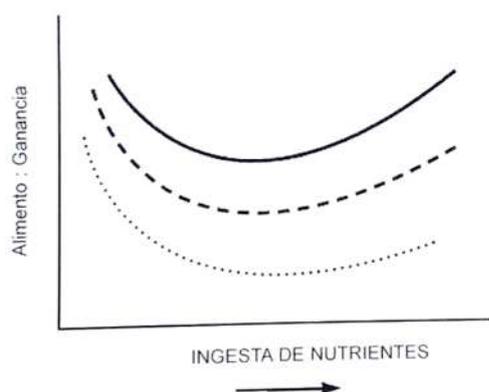
El requerimiento del coeficiente lisina: energía cambia a medida que el animal crece y se desarrolla, como se ilustra en la Figura 6.3.7. El ajuste continuo del suministro de aminoácidos y energía conforme a los requerimientos de los animales bajo condiciones comerciales de producción se ha denominado alimentación por fases.

Figura 6.3.7 Necesidades de lisina: energía (g / MJ DE) para cerdos con diferentes pesos corporales.



Por lo tanto, en cualquier rango de peso corporal existe un balance óptimo de lisina y energía necesarios para optimizar el desempeño. Desviarse del balance óptimo reducirá la tasa de crecimiento y deteriorará la eficiencia de conversión de alimento. Esto se muestra en la Figura 6.3.8 en donde se presenta la relación entre la ingesta de nutrientes y la eficiencia de conversión de alimento en animales con diferente capacidad de ganancia de proteína (sexo diferente o distintas razas).

Figura 6.3.8 Respuesta de la eficiencia de conversión de alimento a la ingesta de nutrientes de animales de diferente potencial genético para la ganancia de proteína



5.3.2.1 Resumen

A fin de suministrar las dietas correctas y cumplir con estrategias apropiadas de alimentación:

- Se deben conocer a fondo las necesidades nutricionales de los animales de diferente potencial genético.
- Es necesario entender en qué forma responde el animal a los diferentes niveles de nutrientes de la dieta.
- Es recomendable conocer el patrón de crecimiento, de ganancia de proteína o tejido magro del animal, a medida que crece y se desarrolla, así como el espesor de grasa dorsal en P2 o el porcentaje de tejido magro en la canal

5.4 ESTABLECIENDO LOS NIVELES OBJETIVO DE CRECIMIENTO

A fin de evitar el desperdicio y el uso ineficiente del alimento, es importante conocer el nivel de desempeño en una granja, así como las características de la canal del animal en términos de espesor de la grasa dorsal en P2 o el % de tejido magro. De esta forma, podrán desarrollarse estrategias de dieta y de alimentación que satisfagan cabalmente las necesidades del animal, se trata de una " nutrición de precisión".

5.4.1 Potencial de Crecimiento

El cerdo moderno tiene un elevado potencial de crecimiento y ganancia de proteína o tejido magro. De hecho, bajo condiciones ideales se han alcanzado tasas de crecimiento que superan

1,2 kg/día y ganancias de proteína por encima de 200 g/día, pero el potencial de crecimiento en muchas granjas es superior a lo que se logra en realidad.

Con esto en mente, pueden sugerirse los siguientes objetivos para la tasa de crecimiento y eficiencia de conversión de alimento durante el período de crecimiento - terminación. (Tabla 6.4.1). El objetivo global debe ser producir un cerdo de 100 kg a las 21 semanas o un cerdo de 120 kg a las 24 semanas de edad.

Tabla 6.4.1 Objetivos sugeridos para el cerdo en crecimiento - terminación bajo condiciones comerciales adecuadas*.

Edad	Peso corporal	Ingesta de alimento	Tasa de crecimiento	Alimento: Ganancia
(días)	(kg)	(kg/d)	(kg/d)	(kg/kg)
56-84	20-40	1,4	0,70	2,0
84-108	40-60	1,9	0,83	2,3
108-129	60-80	2,4	0,95	2,5
129-149	80-100	2,8	1,00	2,8
149-170	100-120	3,0	0,93	3,2
Global	20-120	2,2	0,87	2,5

*Supone un índice apropiado de ganancia de proteína o tejido magro, con un valor P2 de 10-12 a los 100kg de peso corporal y de 12-24 mm de P2 a los 120kg de peso corporal.

5.4.2 Los costos de la tasa de crecimiento

Si no se logra la tasa de crecimiento óptima, entonces será necesario alimento adicional además de que aumenta el tiempo requerido para alcanzar el peso para el sacrificio. En la Tabla 6.4.2 se presenta una idea de estos costos adicionales.

Tabla 6.4.2 El costo de la tasa de crecimiento (20-200 kg de peso corporal).

Ingesta de alimento	Tasa de crecimiento	Días	Alimento	Alimento	Valor**	Gastos fijos adicionales***	Total
(kg/d)	(g/d)		(kg)	Adicional*			
2,00	700	114,3	228,6	44,6	13,4	6,8	20,2
2,05	750	106,7	218,7	34,7	10,4	5,3	15,7
2,10	800	100,0	210,0	26,0	7,8	4,0	11,8
2,15	850	94,1	202,3	18,3	5,5	2,8	8,3
2,20	900	88,9	195,6	11,6	3,5	1,8	5,3
2,25	950	84,2	189,5	5,5	1,7	0,8	2,5

2,3	1000	80,0	184,0	-	-	-	-
-----	------	------	-------	---	---	---	---

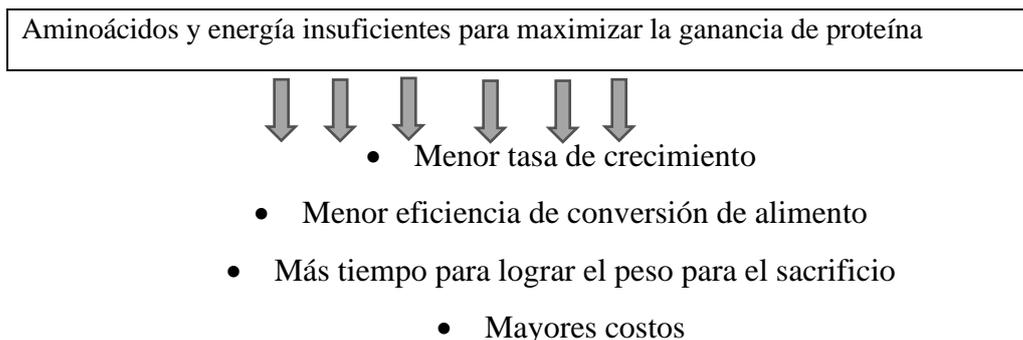
*Las comparaciones se hacen con un cerdo que crece a razón de 1000g/día y su ingesta media es de 2,3 kg/día.

**Costo del alimento AUD 300/tonelada

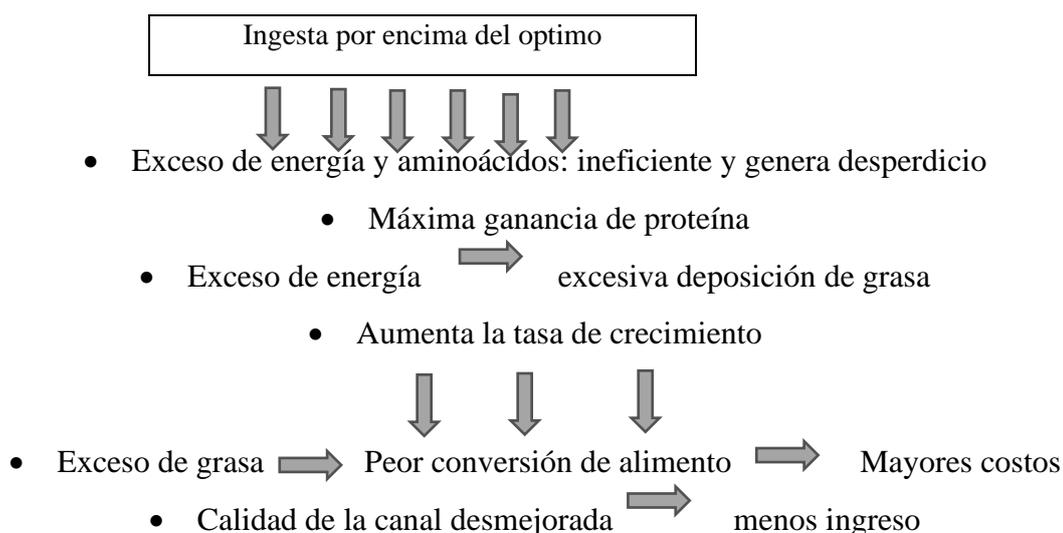
*** Cada día adicional se calcula a una cost de AUD 0,20/día

5.4.3 Ingesta de alimento y tasa de crecimiento

A una baja ingesta de alimento:



A una excesiva ingesta de alimento:



5.4.4 Monitoreando el desempeño en la granja

El primer paso para establecer que tan lejos está el desempeño actual del nivel objetivo, es monitorear el desempeño en la granja. Esto se debe hacer periódicamente a lo largo del año, pues es probable que haya variaciones en el ambiente y en las condiciones del alojamiento, según la estación del año (6.12).

5.5 REQUERIMIENTO DE NUTRIENTES

Si podemos imaginar cuáles son las prioridades que le asigna el cerdo a los diversos objetivos para los cuales requiere energía y aminoácidos, la primera seria mantenerse con vida; ese es el

requerimiento para mantenimiento del cuerpo. El crecimiento y el engorde solo pueden considerarse una vez que se ha satisfecho la necesidad básica del mantenimiento.

La segunda prioridad tendría que ser el crecimiento, es decir, la deposición de tejido magro, canalizando el exceso de nutrientes hacia la deposición grasa. La separación de nutrientes en esta forma puede usarse para calcular los requerimientos de nutrientes para cualquier animal en particular, a cualquier peso corporal y tasa de crecimiento específicos.

Prioridad para los nutrientes:

1. Mantenimiento
2. Proteína o crecimiento del tejido magro
3. Deposición de grasa

5.5.1 Requerimientos de energía

El requerimiento de energía se calcula en términos de la suma de: mantenimiento, requerimiento de ganancia de proteína y de ganancia de tejido graso. Igualmente, es necesario tomar en consideración las condiciones ambientales dentro de las cuales se encuentra el animal. Por cada 1° C que la temperatura efectiva esté por debajo de la temperatura crítica inferior (TCI), aumenta el requerimiento de energía de mantenimiento en 4 % (ver la sección 6,8).

El requerimiento de mantenimiento es una función del peso corporal del animal y puede calcularse así: 510 kJ DE/kg peso corporal 0,75/día. Por lo tanto, a medida que el animal crece de 20 a 100 kg, el requerimiento de energía de mantenimiento aumenta de 4,8 MJ DE a 16,1 MJ DE/día. El requerimiento tanto de ganancia de proteína como de grasa es de 55 MJ DE/kg de deposición.

En consecuencia, para un cerdo de 60 kg que aumente 160 g proteína/día y 180 g grasa/día, los requerimientos de energía son:

Mantenimiento: 11.0 MJ DE/día

Ganancia de Proteína: 8.8 MJ DE/día

Ganancia de Grasa: 9.9 MJ DE / día

Total: 29.7 MJ DE/día

Si la dieta contiene 13,5 MJ DE/kg, entonces la ingesta de alimento del animal debe ser de 2,20 kg alimento/día.

La Tabla 6.5.1 ilustra cómo los requerimientos energéticos cambian con el peso corporal para obtener las tasas de crecimiento deseadas establecidas en la Tabla 6.4.1. Igualmente, se presentan las tasas de ganancia de proteína y grasa a las diferentes tasas de crecimiento.

Tabla 6.5.1 Cálculo de los requerimientos energéticos para el crecimiento

Peso corporal	Tasa de crecimiento	Ganancia de proteína	Ganancia de grasa	Energía (MJ DE/ d) para:			Total
				Mantenimiento	Ganancia de proteína	Ganancia de grasa	
(kg)	(kg/d)	(g/d)	(g/d)				
20-40	0,70	120	123	6,5	6,6	6,8	19,9
40-60	0,83	142	147	9,6	7,8	8,1	25,5
60-80	0,95	162	170	12,3	8,9	9,3	30,5
80-100	1,00	165	205	14,9	9,1	11,3	35,3
100-120	0,93	153	210	17,3	8,4	11,6	37,3

En la tabla 6.5.1 es interesante destacar que:

- El requerimiento energético prácticamente se duplica (19,9 a 37,3 MJ DE / d) a medida que el peso corporal aumenta de 20 a 120 kg. Esto se debe fundamentalmente al requerimiento creciente de mantener una mayor masa corporal.
- El requerimiento de mantenimiento representa una gran proporción del requerimiento total, hasta un 45 % del total, a mayores pesos corporales. Por lo tanto, el animal debe mantenerse en condiciones climáticas óptimas para que el requerimiento sea mínimo.
- Si se administra una dieta que contiene 13,5 MJ DE/kg durante todo el período, entonces la ingesta media de alimento es de 2,2 kg/día ($29,7 \div 13,5$). Esta es la meta para la ingesta de alimento sugerida en la Tabla 6.4.1.
- Los requerimientos energéticos de ganancia de proteína y grasa son similares. Sin embargo, puesto que en el cuerpo existe proteína en forma de músculo o de tejido magro, es más adecuado considerar los requerimientos energéticos para crecimiento de tejido magro. Dado que 1 g de proteína es igual a 4,35 g de tejido magro, entonces cada gramo de tejido magro requiere sólo 12,6 MJ DE / kg. Por lo tanto, es un proceso más eficiente desde el punto de vista energético que la deposición de grasa.

5.5.2 Requerimiento de lisina

De manera similar que, para la energía, el requerimiento de lisina se puede calcular así:

Requerimiento de mantenimiento

Requerimiento de ganancia de proteína o tejido magro

El requerimiento de mantenimiento puede calcularse así: $0,036 \times \text{peso corporal} \times 0,75$ (g/día)

Cada gramo de proteína contiene 0,07 g de lisina y la eficiencia con la cual se aprovecha la lisina digerible para la retención de ésta es de 70%. Por lo tanto, cada gramo de proteína retenida requiere 0,1 g de lisina digerible. Si se conoce la digestibilidad de la lisina, entonces puede calcularse el requerimiento total. Por lo tanto, en el caso de un cerdo de 60 kg que aumenta a razón de 160 g de proteína/día, el requerimiento de lisina es de:

	Lisina digerible	Lisina total*
Mantenimiento	0,8	1,0
Ganancia de proteína	16,0	18,8
Total	16,8	19,8

*Asume un valor de digestibilidad de 85%

La tabla 6.5.2 ilustra como los requerimientos de lisina cambian al aumentar el peso corporal para las tasas de crecimiento deseadas establecidas en la Tabla 6.4.1.

Tabla 6.5.2 Cálculo de los requerimientos de lisina para el crecimiento

Peso corporal	Tasa de crecimiento	Ganancia de proteína	Lisina digerible	Lisina total*	Lisina Total: DE
(kg)	(kg/d)	(g/d)	(g/d)	(g/d)	(g/MJ)
20-40	0,70	120	12,5	15,1	0,76
40-60	0,83	142	14,9	17,5	0,69
60-80	0,95	162	17,1	20,1	0,65
80-100	1,00	165	17,6	20,7	0,59
100-120	0,95	153	17,5	20,6	0,55
Mean	0,87	148	15,8	18,8	0,65

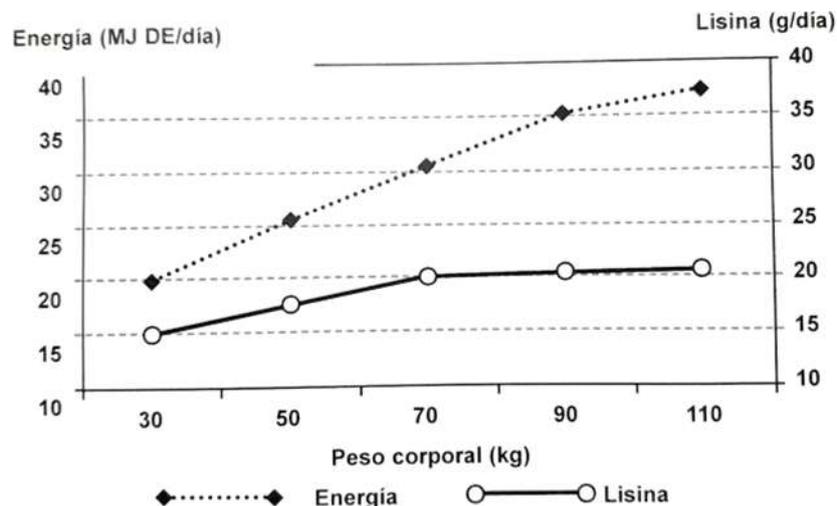
*Asume un valor de digestibilidad del 85%

Es interesante destacar que:

- Comparado con la energía, el requerimiento de lisina para mantenimiento es bajo.
- Comparado con la energía, el requerimiento de lisina aumenta hasta los 60-80 kg de peso corporal y de ahí en adelante es constante.
- Es frecuente expresar los requerimientos de energía y de lisina uno en relación con el otro, es decir g de lisina/MJDE. A partir de la información presentada en las Tablas 6.5.1 y 6.5.2, el coeficiente disminuye de 0,76 g/MJ DE a 20 kg de peso corporal a 0,55g MJ DE a 120 kg de peso corporal.

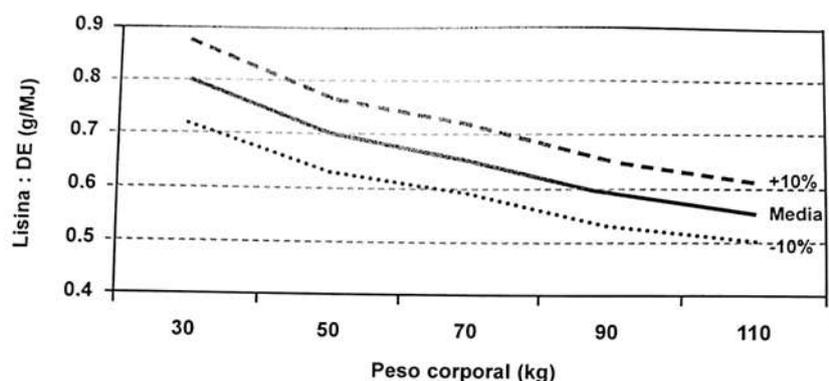
Los cambios en los requerimientos de energía y de lisina al aumentar el peso corporal se ilustran en la Figura 6.5.1 , en tanto que la Figura 6.5.2 ilustra los cambios en el coeficiente de lisina: energía al cambiar el peso corporal.

Figura 6.5.1 Requerimientos de Energía y Lisina en relación con el peso corporal (Tablas 6.5.1 / 6.5.2).



Los anteriores valores tienen que ver con el cerdo promedio durante el período de crecimiento - terminación. Sin embargo, no tenemos un cerdo sino un corral en una granja porcina. Si establecemos los niveles de nutrientes permitidos para el cerdo promedio, entonces el potencial de crecimiento de esos cerdos que son mejores que el promedio no se alcanzara. Igualmente, aquellos animales con un potencial menor recibirán un exceso de nutrientes. Esto implicará un desperdicio al desaminar mayores niveles de proteína, así como una ingesta exagerada de energía, lo cual aumentará la deposición de grasa y producirá una menor ECA. Si suponemos que la ganancia de proteína o de tejido magro varía en $\pm 10\%$ alrededor de la medida, se podrán calcular los requerimientos necesarios para satisfacer los diferentes niveles de desempeño (Figura 6.5.3).

Figura 6.5.3 Requerimiento de alimento: energía (g/MJDE) de cerdos $\pm 10\%$ alrededor del valor medio



5.5.3 Especificaciones de la Dieta

Es necesario tener alguna idea de la ingesta de alimento a fin de calcular contenido necesario de energía y lisina en la dieta. De acuerdo con la ingesta de alimento objetivo o esperada descrita en la Tabla 6.4.1 y la información presentada en las Tablas 6.5.1 y 6.5.2, la especificación dietética sugerida es de 14,2 MJ DE y 10,8 g lisina/kg para cerdos dentro del rango de peso corporal de 20-40 kg, disminuyendo hasta 12,4 MJ DE y 6.8 g lisina/kg para cerdos dentro del rango de peso corporal 100-120 kg (Tabla 6.5.3).

Tabla 6.5.3 Requerimientos de Energía y Lisina y Especificaciones sugeridas para la Dieta.

Peso corporal (kg)	20-40	40-60	60-80	80-100	100-120
DE, MJ/d	19,9	25,5	30,5	35,3	37,3
Lisina, g/d	15,1	17,5	20,1	20,7	20,6
Lisina: DE, g/MJ	0,76	0,69	0,65	0,59	0,55
Ingesta de alimento esperada, kg/d	1,4	1,9	2,4	2,8	3,0
DE de la dieta DE, MJ/kg	14,2	13,4	12,7	12,6	12,4
Lisina en la Dieta, g/kg	10,8	9,3	8,4	7,1	6,8

Estos valores se relacionan con circunstancias nutricionales y ambientales ideales y buen estado de salud. Si dichas circunstancias cambian, entonces cambiarán los requerimientos y especificaciones de las dietas. Por ejemplo, si la ingesta de alimento es inferior a la indicada, entonces será necesario aumentar las necesidades de la dieta para satisfacer los requerimientos del animal. Estos valores también asumen una cierta ingesta de alimento y eficiencia esperadas para el aprovechamiento tanto de la energía como de la lisina. En razón de tales incertidumbres, suelen entonces hacerse ciertos ajustes a las especificaciones calculadas y tales ajustes se presentan en la Tabla 6.5.4, junto con los diferentes requerimientos de alimentación de los cerdos entre el destete y el sacrificio.

- En el caso de un cerdo que crece desde 7 a 100 kg, la eficiencia de conversión de alimento global se calcula como 2,80 por kg de peso vivo o 3,48 por kg de peso de la canal.
- Para un cerdo que crece desde 7 hasta 120 kg, la eficiencia de conversión de alimento global de la piara se calcula en 2,87 por kg de peso vivo o 3,56 por kg de peso de la canal.

Estos valores son para cerdos con tasas de ganancia y niveles de desempeño comerciales adecuados. ¿Cómo se comparan estos valores con los valores en su granja?

Igualmente se ha supuesto en la formulación de las dietas se han utilizado ingredientes de buena calidad, con altos valores de digestibilidad. *Si, por algún motivo, la calidad de los ingredientes es inferior a la esperada, con menores valores de digestibilidad, será necesario cambiar la especificación de la dieta, especialmente la de proteína, lisina y los otros aminoácidos esenciales.*

Tabla 6.5.4 Resumen de los niveles objetivo de desempeño, requerimientos de nutrientes y especificaciones de la dieta entre el destete y la terminación.

Dieta	Edad (días)	Peso corporal (kg)	Ingesta de alimento (kg/día)	Tasa de crecimiento (kg/día)	Alimento: Ganancia (kg)	Alimento Total (kg)	Especificaciones de la Dieta DE Lisina		
							(MJ/kg)	(g/kg)	(g/MJDE)
Iniciadora	21-35	7-10	0,25	0,25	1,0	3	16,5	16,5	1,0
Destete 1	35-49	10-17	0,6	0,45	1,3	9	15,5	15,3	0,98
Destete 2	49-63	17-25	0,9	0,60	1,5	13	15,0	14,5	0,90
Crecimiento 1	63-84	25-40	2,3	0,70	1,9	27	14,5	11,5	0,80
Crecimiento 2	84-108	40-60	1,85	0,82	2,2	44	13,8	10,0	0,72
Terminación 1	108-129	60-80	2,4	0,92	2,65	50	13,3	9,0	0,67
Terminación 2	129-149	80-100	2,8	1,0	2,8	56	13,0	7,6	0,58
Terminación 3	189-170	100-120	3,0	0,95	3,15	63	13,7	7,0	0,55

Alimento consumido (kg)	Peso corporal (kg)	Alimento total		Peso de la canal (kg)
2,80	7-100	3,48	75	261
2,87	7-120	3,56	91	324

*Incluye 60kg de alimento de cría por cerdo vendido

** Entre el destete y el sacrificio

5.5.4 Otros Aminoácidos Esenciales

Si se conocen los requerimientos de lisina de los animales, entonces se pueden calcular los requerimientos de los demás aminoácidos de acuerdo con el balance de aminoácidos sugerido en la Tabla 6.5.5; es decir, el concepto de la proteína ideal. Tal vez haya cierto cambio en el balance de aminoácidos a los diferentes pesos corporales, debido a la proporción variable de cada aminoácido individualmente asociada al mantenimiento y a la tasa de ganancia de proteína. Sin embargo, con excepción de unos pocos aminoácidos, tales como arginina, los aminoácidos de azufre y la treonina, éstos son pequeños y, en consecuencia, para simplificar, puede utilizarse una proporción constante con respecto a la lisina, independientemente de cuál sea el peso corporal del animal.

Tabla 5.5.5 Los Requerimientos de Aminoácidos del Cerdo Destetado y en Crecimiento

	%relativo a		Contenidos en las dietas a diferentes contenidos de lisina (g/kg)		
	La lisina				
Lisina (total)	100	14,0	12,0	10,0	8,0
Treonina	65-70	9,2	7,9	6,6	5,3
Mietionina	28-38	4,2	3,6	3,0	2,4
Metionina +Cisteina	55-60	8,4	7,2	6,0	4,8
Valina	68	9,5	8,2	6,8	5,4
Isoleucina	55	7,7	6,6	5,5	4,4
Leucina	100	14,0	12,0	10,0	8,0
Fenilalanina	57	8,0	6,8	5,7	4,6
Fenilalanina+Tirosina	100	14,0	12,0	10,0	8,0
Triptofan	18	2,5	2,2	1,8	1,4
Histidina	32	4,5	3,8	3,2	2,6
Arginina	32-40	5,0	4,3	3,6	2,9

Elaborado por: 58 El Autor (2023) en base a lo expuesto por (Nogueira et al., 2016)

5.5.5 Requerimientos de Minerales

En la tabla 6.5.6 se presentan algunas recomendaciones para los minerales para el lechón destetado y el cerdo en la etapa de crecimiento y terminación. Estas son las cantidades que se agregan por kg de dieta. Tal vez sea necesario hacer concesiones especiales en cuanto al contenido de minerales de las materias primas, ya que esto puede variar de un país a otro.

Tabla 6.5.6 Niveles de Minerales Sugeridos para los Cerdos en Crecimiento y Terminación (por kg de dieta)

Dieta	Destete	Crecimiento	Terminación
Calcio, g/kg	9.0	8.5	8.5
Fosforo (total), g/kg*	7.0	6.5	6.5
Fos.(disponibile), g/kg	4.5	3.5	3.0
Sal, g/kg	6.0	5.0	5.0
Potasio, g/kg	3.0	3.0	3.0
Magnesio, mg/kg	400	400	400
Hierro, mg/kg	150	100	100
Zinc, mg/kg**	120	100	80
Manganeso, mg/kg	50	40	40
Cobre, mg/kg**	150	100	100
Cobalto, mg/kg	0.5	0.5	0.5
Yodo, mg/kg	1.0	1.0	1.0
Selenio, ppm	0.3-0.4	0.3	0.3
Cromo, ppb+	400	200	200

*el índice Ca:P (Total) debe estar dentro del nivel de 1,3-5:1. Reduzca el P si se suministra la enzima fitasa.

** No incluye zinc adicional en las dietas pre-iniciadoras/iniciadoras para control de diarrea

***suministrado a niveles que mejoran el crecimiento + No aplica en algunos países

5.5.6 Minerales Inorgánicos vs. Orgánicos

En forma similar al lechón destetado (sección 5.4.5), existe interés en el uso de minerales orgánicos o proteínatos para el cerdo en crecimiento-terminación, desde el punto de vista de la producción, la salud y el ambiente.

Cobre (Cu)

A pesar de que el requerimiento para prevenir una deficiencia puede ser solo 5-10 mg/kg, a las dietas de cerdos destetados y en crecimiento-terminación se les agregan niveles muy superiores en razón de sus efectos que promueven el crecimiento. En muchos países ha sido costumbre agregar cobre, y en particular, sulfato de cobre, a razón de 100-250 mg Cu/kg como mejorar el crecimiento. En consecuencia, se excretan grandes cantidades de cobre en las heces y en la orina.

Estudios recientes sugieren que las fuentes orgánicas de cobre y en particular el *Bioplex*TM, aun a niveles considerablemente menores, pueden ser tan efectivas para promover el crecimiento como el sulfato de cobre. Dado que se utilizan a tasas de inclusión considerablemente menores, se reduce notablemente la excreción de cobre. En la Tabla 6.5.7 se

presenta un resumen de los estudios que comparan el desempeño de los lechones destetados y de los cerdos en crecimiento y terminación, al recibir bien sea CuSO₄ o Cu *Bioplex*TM en su dieta.

Tabla 6.5.7 Comparación del Desempeño de Cerdos Destetados y en Crecimiento-Terminación, a los que se les administra CuSO₄ o Cu *Bioplex*TM

Fuente	Peso corporal (kg)	CuSO ₄ (ppm)	Cu <i>Bioplex</i> TM (ppm)
Close (1998)	10-30 Tasa de	160	100*
	crecimiento(g/d)	592	656
	Alimento: ganancia(g/g)	2,15	2,04
Carlson (200)	6-18 Tasa de	250	25 50 100 250
	crecimiento(g/d)	344	389 419 407 408
	Alimento: ganancia(g/g)	1,56	1,53 1,45 1,50 1,47
Wu y Col.(2001)	11-27 Tasa de	250	50 100
	crecimiento(g/d)	562	518 565
	Alimento: ganancia(g/g) Cu	1,96	1,78 1,77
	fecal(mg/kgDM)	325	73 124
Smits &Henman(2000)	28-63 Tasa de	150	50
	crecimiento(g/d)	773	744
	Alimento: ganancia(g/g) Cu	2,24	2,26
	fecal(mg/kgDM)	372	199
Smits &Henman(2000)	30-60 Tasa de	150	40
	crecimiento(g/d)	957	942
	Alimento: ganancia(g/g) Cu	2,05	2,08
	fecal Cu(mg/kgDM)	853	275
Smits &Henman(2000)	60-90 Tasa de	150	40
	crecimiento(g/d)	871	836
	Alimento: ganancia(g/g) Cu	2,98	3,02
	fecal(mg/kgDM)	776	199
Henman(2001)	28-95 Tasa de	200	100
	crecimiento(g/d)	731	766
	Alimento: ganancia(g/g)	2,44	2,43
	P2(mm)	9,6	9,7
Fremaut(2003)	24-105 Tasa de	20 40	7 20 40
	crecimiento(g/d)	694 721	727 710 712
	Alimento: ganancia(g/g)	2,78 2,75	2,84 2,85 2,94
	% de tejido magro	58,3 58,6	57,7 58,1 58,0

*También contenía 60mg de Cu proveniente de CuSO₄

En términos de lechón postdestetado, el desempeño de los lechones que se alimentaron con dietas que contenían 50-100 mg Cu/kg del Cu *Bioplex*TM fue superior al de los lechones que recibieron entre 160 y 200 mg Cu/kg proveniente de sulfato de cobre. Igualmente, hubo una reducción significativa en la excreción de Cu en las heces.

En estudios realizados por Smits &Henman(2000) y Henman(2001), el crecimiento-terminación con 40-100mg Cu/kg de Cu *Bioplex*TM Cu fue comparable al de los cerdos

alimentados con 150-200 mg Cu/kg proveniente de sulfato de cobre. Sin embargo hubo una reducción de 2 a 4 veces en el contenido de cobre en las heces. Los estudios recientes de Fremaut (2003) demostraron que los cerdos alimentados con dietas que contienen 7 mg Cu/kg de Cu Bioplex™ acusaban tasas de crecimiento similares a la de los alimentados con 40mg de Cu/kg de cobre inorgánico. Hubo una tendencia hacia una mayor ingesta de alimento (>0,05) y el contenido de carne magra de la canal no se vio afectado por el tratamiento. En el presente estudio se redujo la excreta durante el periodo de crecimiento-terminación de 4,7 g/cerdo (inorgánico: 40mg Cu/kg) a 1,5 g/cerdo (Bioplex™: 7mg Cu/kg). En el caso de una unidad de 500 cerdas que vende 20 cerdos/ cerda/ año, esto representa una reducción anual de 32kg. Es probable que la reducción sea aún mayor que esto, puesto que en muchos países suelen utilizarse niveles por encima de los 40 mg Cu/kg de fuentes inorgánicas.

Estos estudios por lo tanto sugieren que el cobre orgánico (Bioplex™) puede sustituir a las fuentes de cobre inorgánicas a niveles muy inferiores, sin comprometer el desempeño. La excreta de Cu se reduce de manera significativa, lo cual representa grandes ventajas desde el punto de vista ambiental.

5.5.6.1.1 Zinc (Zn)

En cerdos en crecimiento-terminación, Fremaut (2003) administro diferentes niveles de Zn inorgánico y orgánico Zn (Bioplex™) para comparar el desempeño de los animales. Aquellos animales que recibieron apenas 36mg Zn/kg de Zn Bioplex™ tuvieron un desempeño similar a los que recibieron 120 mg de Zn provenientes de fuentes inorgánicas. Sin embargo, al comparar las fuentes inorgánicas y orgánicas a razón de 120mg Zn/kg, el desempeño de los cerdos que recibieron el Zn Bioplex™ fue superior (Tabla 6.5.8).

Tabla 6.5.8. Efecto de la fuente de Zinc sobre el desempeño del cerdo en crecimiento- terminación.

Fuente	Inorgánico		36	Bioplex™	
	120	240		120	240
Zinc (ppm)	120	240	36	120	240
Ingesta de alimento, g/d	1929	1979	2003	2039	1943
Tasa de crecimiento, g/d	695	721	696	736	674
Alimento: ganancia, g/g	2.78	2.75	2,91	2.77	2.88
Tejido magro, %	58.3	58.6	58.7	55.7	58.3

Spears y Col. (1999) también reportan que al sustituir parte del Zn inorgánico normal por Zn Bioplex™ se obtiene un desempeño similar o mejor, estando la respuesta vinculada a una mayor ingesta de alimento.

Estos estudios sugieren que el Zinc orgánico (Bioplex™) puede reemplazar a las fuentes inorgánicas significativamente, lo cual representa grandes ventajas para el ambiente.

5.5.6.1.2 Selenio (Se)

En muchos países ha sido costumbre agregar a la dieta formas inorgánicas de Se tales como selenito de sodio; pero, a pesar de ello, la deficiencia de selenio prevalece en el mundo entero. Este problema es particularmente notable en cerdos nacidos de madres de más edad y esto pudiera estar vinculado con la depleción de las reservas de minerales de la cerda (macro y micro minerales)- (ver la sección 3.5.2)

Se han evaluado una serie de estudios para establecer si existen diferencias en la respuesta de los cerdos en crecimiento - terminación cuando se les administra Sel - Plex o selenito de sodio. La medición más efectiva y apropiada del desempeño es la eficiencia del aprovechamiento del alimento (alimento: ganancia) ya que esta relación toma en consideración todas las variaciones en la ingesta de alimento y en la tasa de crecimiento. Esto se ha utilizado para establecer las diferencias. De igual forma, también se han evaluado el peso de la canal y el porcentaje de partes utilizables; los resultados de dicha evaluación se presentan en la Tabla 6.5.9.

Tabla 5.6.9 Cambio (%) en el desempeño de los cerdos en crecimiento- terminación alimentados con Sel-Plex, en comparación con selenito de sodio

Rango de peso corporal	Alimento: Ganancia	Peso de la Canal	Partes Utilizables	Fuente
(kg)	(%)	(%)	(%)	
22-105	1,5	-	-	Mahan y Paret (1996) J. Anim. Sci. 74, 2967
21-105	0,6	2,0	2,0	Mahan y Col (1999) J. Anim. Sci. 77, 2172
21-109	2,8	0,8	0,8	Wolter y Col. (1998). J. Anim. Sci. 79, 119
21-105	1,8	-	-	Kim y Mahan (2001). J. Anim. Sci. 79, 949
21-105	2,7	-	-	Kim y Mahan (2001). J. Anim. Sci. 79, 956
Media	1,8	1,4	1,4	

En resumen, se evaluaron cinco estudios de la literatura publicada, los cuales demuestran una mejora del 1,8 % en el índice alimento: ganancia. En dos estudios hubo una mejora de 1,4 % en

el peso de la canal a favor de Sel - Plex. Sin embargo, el mayor efecto fue en la reducción de la pérdida por goteo y en el mejoramiento del color y el sabor del cerdo (Sección 7.2.3).

5.5.6.1.3 Cromo (Cr)

El cromo se considera actualmente como un mineral esencial y los efectos más beneficiosos de la adición de cromo orgánico se han observado en las cerdas (Sección 3.5.3). El cromo aumenta la sensibilidad a la insulina y se ha investigado como medio potencial para manipular el crecimiento y la composición de la canal en cerdos. En varios estudios hubo poco efecto sobre la tasa de crecimiento o sobre la relación alimento: ganancia; sin embargo, hubo efectos positivos tanto sobre el espesor de la grasa dorsal como del área del músculo del lomo. En un estudio (Page y Col., 1993), suplementando la dieta con 200-800 ppb de Cr logró una reducción significativa en el espesor de la grasa dorsal y mejoramiento del área del músculo largo del lomo (Figuras 6.5.4 y 6.5.5). Pareciera ser que el cromo debe ser administrado a lo largo de la totalidad del período de crecimiento y terminación, ya que es poco el efecto logrado con la suplementación a corto plazo.

Figura 6.5.4 Efecto de la suplementación con cromo sobre el espesor de la grasa dorsal de las 10^a costilla

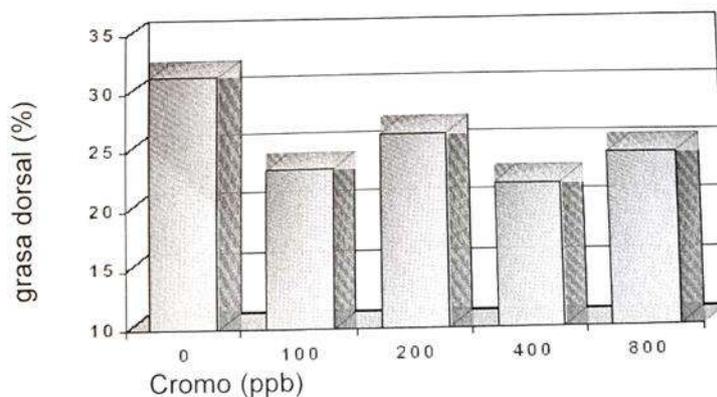
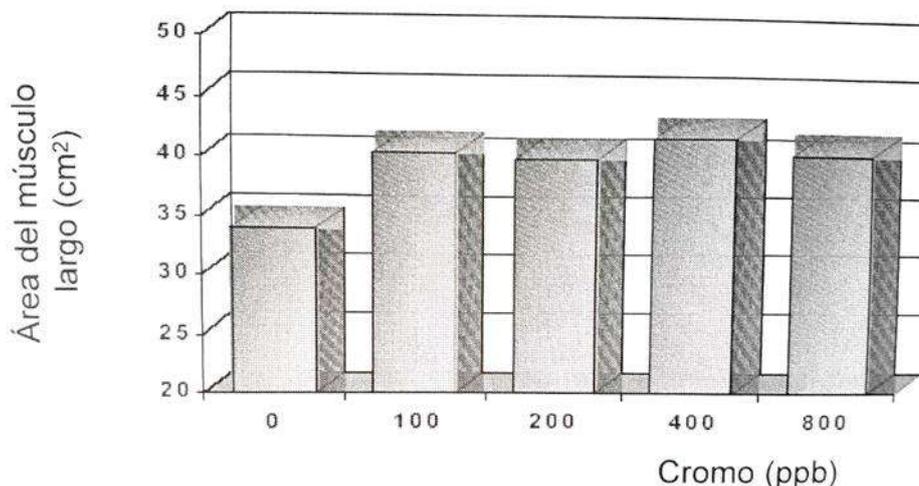


Figura 6.5.5 Efecto de la suplementación con cromo sobre el área del músculo largo (cm)



En parte la respuesta pudiera estar vinculada al aumento de digestibilidad, absorción y retención tanto de energía como de proteína, Hubo un aumento de 1,5 % en la digestión de nitrógeno y un aumento de 3,5 % en la retención de nitrógeno cuando se suplementó la dieta de los cerdos con 200 ppb de Cr derivado del picolinato de cromo (Kornegay y Col. 1997).

5.5.6.1.4 Combinaciones de minerales

Los niveles de minerales en los alimentos para animales están cada vez más bajo la lupa en muchos países porque se están utilizando niveles de minerales inorgánicos por encima de los necesarios bajo el punto de vista nutricional, generando preocupaciones de carácter ambiental. Igualmente, existen dudas respecto a la disponibilidad y la eficiencia del aprovechamiento de las fuentes inorgánicas de minerales. Por esta razón, se están tomando medidas para restringir los niveles de minerales en las dietas de animales.

Las interrogantes son: "¿Se comprometerá acaso el nivel de desempeño de los animales a los niveles de inclusión de minerales propuestos? ¿"Hasta qué punto se puede mantener el desempeño a niveles inferiores propuestos de inclusión de minerales?" y, "Hasta qué punto puede mantenerse el desempeño si se utilizan minerales orgánicos en lugar de los minerales inorgánicos?"

Estos aspectos fueron estudiados por el Profesor Dirk Fremaut de la Universidad Técnica de Ghent, Bélgica. Él investigó la sustitución de 100% o 200% de los minerales inorgánicos cobre y zinc, por una combinación de 30% de minerales orgánicos (Bioplex). La combinación contenía 36 mg de Zn, 7 mg de Cu, 40 mg de Fe y 18 mg de Mn/kg.

Los resultados demostraron que la combinación de minerales dio un desempeño similar o superior en los cerdos en crecimiento- desarrollo, en comparación con un nivel normal (20 mg de Cu; 120 mg de Zn /kg) o con el doble (40 mg de Cu y 240 mg de Zn /kg) de minerales inorgánicos (Tabla 6.5.10).

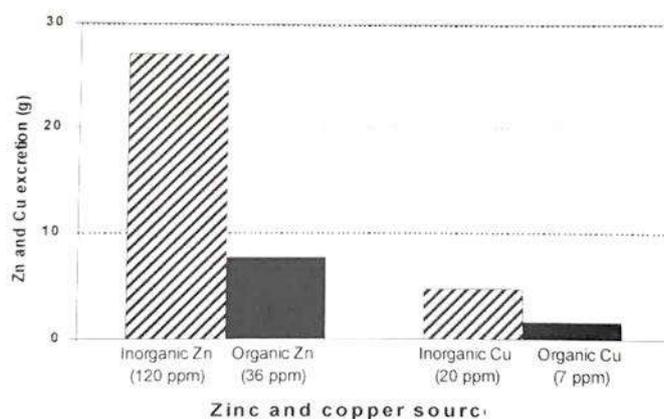
Tabla 6.5.10 Comparación de niveles estándar y dobles de Cu y Zn provenientes de fuentes inorgánicas con niveles reducidos (30 %) de minerales orgánicos combinados: Cu, Zn, Fe y Mn.

Fuente	Cu/Zn Inorgánico		''Cocktail'' Orgánico:
	Normal	Doble	Bioplex Cu,Zn,Fe,Mn
			Todos al 30%
Ingesta de alimento, g/d	1929	1979	2107
Tasa de crecimiento, g/d	695	721	736
Alimento: Ganancia, g/g	2,78	2,75	2,87

Tejido magro, %	58,3	58,6	58,4
Fremaut, 2003			

Igualmente, hubo reducciones significativas tanto en la excreción de zinc como de cobre, como lo indica la figura 6.5.6.

Figura 6.5.6 Excreción de Zinc y cobre en cerdos en crecimiento-terminación (20-100kg de peso corporal)



Estos resultados indican que los minerales orgánicos pueden sustituir a las fuentes de minerales inorgánicos con niveles muy inferiores, sin comprometer el desempeño de la producción. La excreción de minerales se reduce significativamente, aportando una mayor ventaja ambiental. Los minerales orgánicos satisfacen mejor las necesidades de la producción porcina moderna, ayudando a optimizar la productividad, a la vez que minimizan el impacto sobre el ambiente.

5.5.7 Requerimientos de Vitaminas

En la Tabla 6.5.11 se presentan los niveles recomendados de inclusión de vitaminas en la dieta del lechón destetado, del cerdo en crecimiento y terminación.

Tabla 6.5.11 Niveles sugeridos de vitaminas en la dieta del lechón destetado y del cerdo en crecimiento y terminación (por kg de dieta).

Dieta	Destetado	Crecimiento	Terminación
Vitamina A, IU	15.000	10.000	7.500
Vitamina D3, IU	2.000	1.500	1.500
Vitamina E, mg*	100	50	50
Vitamina K, mg	3	2	1.5
Vitamina B1, mg	2.5	1.5	1.5
Vitamina B2, mg	5	4	3.5
Niacina, mg	30	25	20

Ácido Pantotérico, mg**	15	12.5	10
Vitamina B6, mg	4	2.5	2.5
Vitamina B12, mg	0.03	0.025	0.020
Ácido Fólico, mg	1	0.5	0.25
Biotina, mg	0.10	0.05	0.05
Colina, mg	200	150	150
Vitamina C, mg	-	-	-

*Vitamina E: La suplementación en la dieta puede ser mayor en dietas con ingredientes con un alto contenido de ácidos grasos poli insaturados y para cerdos con desafío de enfermedad. Puede incluirse a una tasa de 30 mg/kg por cada 1% de ácido graso poli insaturado en el alimento. Si se suministra 0,3 ppm de Se/kg en forma de selenometionina (ej. Sel- Plex"), entonces la tasa de inclusión de vitamina E puede reducirse.

**Acido Pantoténico: La suplementación de la dieta con hasta 45 ppm de lantotenato D - cálcico no afectó la tasa de crecimiento ni la eficiencia de conversión de alimento. Sin embargo, se redujo el espesor de la grasa dorsal y aumentó el contenido de tejido magro libre de grasa en la canal (Stahly Col., 1999).

5.6 PRESENTACIÓN DEL ALIMENTO, PROCESAMIENTO Y CALIDAD

5.6.1 Forma del alimento

El alimento puede suministrarse en diferentes presentaciones y se sabe que la forma física de la dieta puede influir sobre el desempeño.

5.6.1.1.1 Alimento líquido vs. Alimento seco

El alimento puede suministrarse bien sea en seco (comprimidos o concentrado) o en forma húmeda (papilla , puré , líquido) Generalmente se acepta que el desempeño es mejor cuando a los cerdos se les ofrece el alimento mojado y en la sección sobre cerdos destetados se hizo referencia a la ventaja del alimento líquido en comparación con el alimento seco (Sección 5.6).

5.6.1.1.2 Comprimidos vs. Concentrado

La alimentación en comprimidos (pellet) en comparación con concentrado (harina) generalmente logra un mejor desempeño. Una de las revisiones más completas fue realizada en los años 70 y se resume en la Tabla 6.6.1. A lo largo de todos los ensayos, hubo una reducción del 2 % en la ingesta del alimento, una mejora del 6 % en la tasa de crecimiento y una mejora

de 8 % en la eficiencia de conversión del alimento cuando la dieta se administró en forma de comprimidos en lugar de en forma de concentrado.

Tabla 6.6.1 Efectos de la peletización sobre el desempeño del cerdo en crecimiento.

Desempeño con relación al concentrado (%)				
Cantidad de alimento	No. de ensayos	Ingesta	Tasa de crecimiento	Alimento: ganancia
No restringido	79	97	107	91
Restringido	26	99	104	95
Se desconoce	27	100	107	94
Total	132	98	106	93

Vanschoubrook y Col., 1971

En otra amplia serie de estudios (Walker y Col., 1993) concluyeron que: "Tomando toda la evidencia en su conjunto, los comprimidos son 10 % mejores que el concentrado con alimentadores secos, pero sólo 6 % mejores con alimentadores húmedos y secos. Esto se aplica cuando los comprimidos y el concentrado son idénticos en términos de su composición" (Tabla 6.6.2).

Tabla 6.6.2 Efecto de la peletización sobre el desempeño del cerdo en terminación.

Tipo de alimentador	Comprimidos secos tradicionales			Espacio único		
Modo operativo			Seco		Húmedo y seco	
Dieta				Alimento	Comprimidos	Alimento
Tasa de crecimiento, g/d	765	774		744	790	800
Alimento: ganancia	3,45	3,39		3,83	3,49	3,63
(base de la Canal)						

(Walker y Col., 1993)

El mejor desempeño pudiera en parte atribuirse a la mayor digestibilidad de los nutrientes resultante de la peletización del alimento. Vanschoubrook y Col. (1971) demostraron las siguientes mejoras:

Energía: +2.5% de proteína cruda: +2.7 % NFF: + 1.3 % Grasa Cruda: + 9.2 % Materia Orgánica: + 2.8 % Fibra cruda: + 0.0 %

Sin embargo, la explicación más probable es el derrame o el desperdicio del alimento, el cual se reduce cuando se administran comprimidos en lugar de concentrado. El desperdicio puede ser hasta de un 10 % en algunas granjas, pero rara vez es inferior al 5 %. *Un cerdo solo tendrá*

que derramar / desperdiciar el equivalente a una cucharadita de alimento por hora para que ello represente una diferencia del 5 % en la eficiencia de conversión de alimento.

5.6.2 Sistemas de Alimentación

Existen diferentes sistemas de alimentación disponibles con diversos efectos sobre el desempeño. El sistema más simple es el comedero en el piso, pero es el más ineficiente en razón de un alto desperdicio de alimento (Tabla 6.6.3). Los sistemas más efectivos y, por lo tanto, costos eficientes, fueron la administración de comprimidos en una tolva larga seca o en tolvas húmedas y secas de un solo espacio. Los resultados de los ensayos anteriores también sugieren que la mejor eficiencia del alimento se logra con 10 cerdos por alimentador (Tabla 6.6.4). La longitud de la tolva o de del comedero puede entonces también ser importante y los márgenes de espacio de las tolvas convencionales para los diferentes pesos corporales se indican en la Tabla 6.6.5.

Tabla 6.6.3 Efecto del sistema de alimentación sobre la eficiencia de conversión de alimento y los costos del alimento en los cerdos en terminación (35-95 kg)

Sistema de alimentación	Alimento: ganancia	Costos del alimento	Ahorros en los costos de alimento*
	(kg/kg)	(AUD/cerdo)	(AUD/cerdo)
Alimentación en el piso			
Concentrados	2,90	50,4	-
Comprimidos	2,70	48,6	1,8
Alimento húmedo en comedero	2,65	47,7	2,7
Tolvas secas de 4 pies			
concentrado	2,78	49,5	0,9
Comprimidos	2,50	45,0	5,4
Tolvas húmedas y secas de espacio sencillo			
Concentrado	2,65	47,7	2,7
Comprimidos	2,50	45,0	5,4

Comparación hecha con alimentación en el piso. No toma en consideración el costo de la peletización ni de la distribución del concentrado. Walker y Col., 1993

Tabla 6.6.4 Efecto del número de cerdos por alimentador de un solo espacio húmedo y seco.

Cerdos por alimentador			
	10	20	30
Ingesta de alimento, kg/d	2,18	2,34	2,31
Tasa de crecimiento, g/d	811	797	807
Alimento: ganancia, g/g	2,70	2,93	2,87
Walter y Col., 1993			

Tabla 6.6.5 Longitud de la tolva/comedero para cerdos.

Peso corporal	Alimentación restringida	Alimentación ad libitum
(kg)	(cm)	(cm)
5	10	7,5
10	13	3,3
15	15	3,8
35	20	5,0
60	24	6,0
90	28	7,0
120	30	7,5

También puede haber una interacción entre la forma de la dieta y la asignación de espacio o la densidad poblacional de los cerdos; es decir, el número de cerdos por corral. No hubo efecto sobre el desempeño cuando se suministraron comprimidos, pero entre más alta la densidad poblacional y menor el espacio por cerdo cuando se les suministra el alimento, pero el desempeño (Tabla 6.6.6).

Tabla 6.6.6 El efecto de la forma de la dieta y de la asignación de espacio sobre el desempeño de los cerdos

Cerdos/corral	6	8	10
Espacio (m²/cerdo)	0,96	0,72	0,58
		Tasa de crecimiento (kg/día)	
Concentrados	0,77	0,77	0,72
comprimidos	0,77	0,79	0,80

5.6.3 Procesamiento del Alimento

A fin de mejorar la digestión de los nutrientes de las diferentes materias primas que constituyen el concentrado, se emplean una serie de procesos físicos en la fabricación del alimento.

5.6.3.1.1 Molienda

La molienda es el método más común de procesar el alimento y casi todos los ingredientes del alimento se someten a algún tipo de reducción del tamaño de las partículas. La reducción del tamaño de las partículas aumenta el área superficial del ingrediente, permitiendo así una mayor interacción con las enzimas digestivas en el tracto gastrointestinal. Esto genera una mayor digestibilidad y mejor desempeño. Igualmente facilita la manipulación y el mezclado, pero moler demasiado fino aumentará el costo energético para procesar el alimento, puede hacer que el alimento se adhiera a las tolvas y comederos y puede producir una mayor cantidad de polvo. También aumentará la incidencia de úlceras gástricas.

El tamaño de partículas recomendado es de 500-600 micras, como lo indican los resultados de estudios que han investigado los efectos del tamaño de las partículas sobre el desempeño de los lechones destetados alimentados con dietas de maíz / soya (Tabla 6.6.7). El desempeño óptimo en este estudio se logró con un tamaño de partículas de 500. Interesantemente, con un tamaño de partículas de 300 micras, los contenidos del estómago eran más fluidos que los de los lechones alimentados con partículas de 900 micras y hubo daño en la mucosa estomacal. Esto suele asociarse con lesiones esofágicas o con úlceras gástricas.

Tabla 6.6.7 efecto del tamaño de las partículas sobre el desempeño del crecimiento de lechones destetados alimentados con dietas de maíz/soya.

	Tamaño de las partículas (micras)			
	900	700	500	300
Tasa de crecimiento, kg/d	0,38	0,36	0,38	0,35
Ingesta de alimento, kg/d	0,59	0,55	0,56	0,54
Alimento: Ganancia, kg/kg	1,58	1,52	1,46	1,53
Healey yCol., 1994				

Peletización (ver Sección 6.6.1)

5.6.3.1.2 Descascarado

Este proceso se emplea para remover la cubierta de la semilla que es el componente más fibroso de algunos de los ingredientes que se utilizan en el alimento para cerdos. Su valor

nutricional es de escaso valor para el animal. El descascarado aumenta el valor global del ingrediente del alimento y por lo tanto el desempeño es mayor.

5.6.3.1.3 Expansión

Normalmente la expansión se realiza antes del proceso de peletización. El objetivo es expandir el producto (hacer el almidón y otros nutrientes más accesibles para las enzimas digestivas) a través de fuerza de cizalla y fricción y de la inyección de vapor. Esto puede mejorar la digestibilidad global del alimento así como la tasa de digestión, lo cual aumenta la ingesta y por ende el desempeño.

5.6.3.1.4 Asado / calentamiento

Algunos materiales contienen propiedades anti - nutricionales (FANS: factores anti - nutricionales) los cuales reducen el apetito y por ende el desempeño. Al asarlos o calentarlos, se eliminan estos FANS. La soya es un buen ejemplo. El principal objetivo del proceso de asado / calentamiento de los granos de soya y de otras leguminosas es:

1. destruir el inhibidor de la tripsina
2. destruir la enzima ureasa
3. Desactivar la hemaglutina tóxica
4. Aumentar la digestibilidad de los nutrientes

5.6.3.1.5 Extrusión

Extrusión es el proceso de forzar el alimento bajo presión a pasar a través de un ducto estrecho, lo cual genera calor producido por la fricción. Esto produce cambios en la característica física o química del alimento.

5.6.3.1.6 Procesamiento de hojuelas al vapor o micronización

El procesamiento de hojuelas al vapor es un proceso durante el cual se calienta el grano hasta aproximadamente 90 ° C en una cámara de vapor, durante un determinado lapso de tiempo y luego de aplana con rodillos, Por otra parte, la micronización consiste en calentar hasta - 140 ° C durante 20 segundos, antes de aplanar las hojuelas. El proceso de micronización rompe la pared celular y produce una gelatinización parcial del almidón, lo cual incrementa la disponibilidad.

5.6.3.1.7 Otros Procesos

Otros procesos incluyen cocción en el horno micro-ondas, explosión a chorro, estallido e infusión. Este último proceso es más común en la alimentación líquida y permite la inclusión de las enzimas, lo cual conlleva a la pre-digestión de substratos dentro del alimento.

5.6.4 Calidad del alimento

La calidad del alimento y el tipo de ingredientes incluidos tendrán un impacto considerable sobre la ingesta y el desempeño. Además, el alimento tiene que contener el balance apropiado de nutrientes para satisfacer las necesidades del animal.

Los principales factores que afectan la calidad del alimento son:

Tabla 9 Principales factores anti nutricionales relacionado a la dieta porcina

Factores:	Considere:
Selección de los ingredientes	Factores Antinutricionales (ANFs) ¿Calidad de los ingredientes? Micotoxinas? Demasiados cambios en los ingredientes
Especificación de la dieta	Demasiados cambios en las especificaciones de la dieta
Consistencia del producto Palatabilidad	¿Demasiados cambios en los ingredientes/la formulación la forma? ¿Mezclado inadecuado? ¿Demasiada grasa, altos niveles de minerales? ¿FANS? Forma física de la dicta
Forma del alimento/tamaño de partícula	¿Demasiado polvoriento, fino/grueso, blando/dura, sobrecosido?
Almacenamiento/distribución del alimento	Es importa una buena tolva y la higiene del alimentador ¿Alimento con moho? (Micotoxinas)

Elaborado por: 59 El Autor (20239 en referencia a lo establecido por

5.6.4.1.1 Mocitoxinas

Uno de los principales factores que afectan la calidad del alimento es la contaminación por hongos que producen micotoxinas.

La importancia de reducir los hongos y las micotoxinas en el alimento ha sido reportada recientemente por Tony Edwards. Con la introducción de un nuevo grano de la estación en una granja en Victoria, se produjo un marcado deterioro en la tasa de crecimiento y en el peso al cual se comercializaron los cerdos a una determinada edad. A pesar de que se agregó vitamina E adicional y selenio a la dieta, así como antibióticos, el peso de mercado de los cerdos seguía disminuyendo. Se sospechó contaminación con micotoxinas y el alimento se trató con 2 kg / ton de ligante de micotoxinas Mycosorb™ (Alltech Inc.).

Inmediatamente se produjo una respuesta dramática y los cerdos mejoraron en cuestión de días, mostrando un mayor apetito, vitalidad y viabilidad. La tasa de crecimiento mejoró, el peso de

la canal respondió a razón de 1 kg / semana y el peso al mercado se recuperó por completo en cuestión de 8 semanas (Figura 6.6.1). Los costos beneficios o el retorno sobre los egresos adicionales (REA) utilizando Mycosorb™ se calcularon en 4:1. Por lo tanto, su inclusión en la dieta resultó muy costo-efectiva.

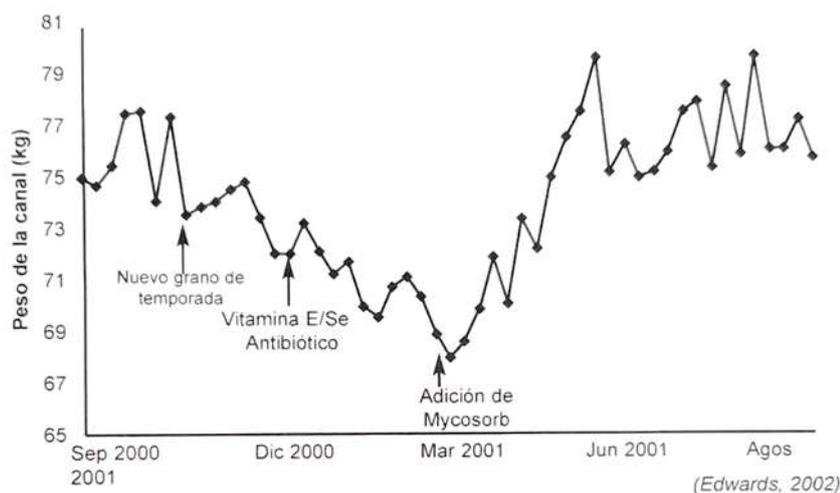


Figura 6.6.1 El efecto de un ligante de micotoxinas sobre el peso de la canal de cerdos (a una edad fija para el momento del sacrificio), luego de la introducción de un Nuevo grano de la estación.

5.7 REQUERIMIENTOS DE AGUA

Muchos factores influyen sobre los requerimientos hídricos del cerdo, incluyendo el peso corporal, la ingesta de alimento y las condiciones ambientales o climáticas. La ingesta de agua suele ser una función del peso corporal y / o de la ingesta de alimento. En el cerdo en crecimiento - terminación se puede calcular a razón de 2,5 veces la ingesta del alimento o aproximadamente 0,1 litro por peso corporal (Tabla 6.7.1).

Tabla 6.7.1 Los requerimientos hídricos del cerdo en crecimiento / terminación

Peso corporal, kg	10	20	40	60	80	100	120
Ingesta de alimento, kg/d	0.5	1.0	1.5	2.1	2.6	3.0	3.4
Agua, l/day	1.2	2-2.5	4	5-6	7-8	8-10	10-12

Es probable que estos niveles de ingesta de agua solo puedan lograrse cuando el agua está disponible libremente en el corral, bien sea en comederos o en bebederos. En caso de que haya bebederos nodriza, estos deberán colocarse "a la altura del hombro + media cabeza" (de los cerdos) por encima del piso (Tabla 6.7.2). Si se colocan los bebederos demasiado bajos habrá exceso de derrame. Debe haber un bebedero nodriza por cada 10 cerdos en el corral.

Tabla 6.7.2 Pautas para el uso de bebederos nodriza

Peso corporal	Altura del piso	Tasa de flujo
(kg)	(cm)	(l/min)
<30	30-40	1,0
30-50	40-60	1,5
50-100	60-75	1,8
>100	75-90	2,0

La única forma de garantizar que todos los animales beban o suficiente para satisfacer sus necesidades hídricas, es ofrecerles un suministro de agua fresca de buena calidad en todo momento con sistema que lo restrinjan la ingesta y a los cuales se les de mantenimiento regularmente.

5.7.1 Efectos de la temperatura

Uno de los principales factores que afectan los requerimientos de agua es la temperatura ambiental. Las elevadas temperaturas ambientales aumentan la ingesta de agua. En un estudio, el elevar la temperatura de 20 a 35°C produjo un aumento de la ingesta de agua de 50% (Tabla 6.7.3).

Tabla 10 Tabla 6.7.3 Efecto de la temperatura sobre la ingesta de agua (cerdos de 35kg).

Temperatura (°C)	Ingesta de agua (l/día)
12	4,20
20	4,20
30	6,30

Close y Col., 1971

La temperatura del agua también puede influir sobre la ingesta. En un ambiente caluroso, enfriar el agua produjo un aumento significativo en la ingesta de agua y por lo tanto, en el desempeño (tabla 6.7.4)

Tabla 6.7.4 Efecto del alojamiento y de la temperatura del agua sobre la ingesta de agua (l/día)

Temperatura del agua (°C)	Temperatura de alojamiento	
°C	Fresco (22°)	Caliente (35/25°)
11	3,3	10,5
30	3,9	6,6

Vajrabukka y Col., 1981

El caudal de suministro del agua influye sobre el tiempo que los cerdos necesitan para satisfacer sus requerimientos de agua. Entre menor el caudal, mayor tiempo les toma y si el caudal es excesivamente bajo, los animales tal vez no pasen el tiempo suficiente bebiendo para satisfacer sus necesidades. Esto es particularmente importante bajo condiciones de calor, como lo indica la tabla 6.7.5. Bajo condiciones frías, un caudal de 0,6 l/min resulto ser suficiente para que los animales cubrieran su requerimiento de agua. Sin embargo, a una temperatura de 35°C resulto insuficiente y la ingesta más alta se logró cuando se aumentó el caudal a 1,1 l/min. Tal vez la ingesta de agua habría sido mayor si el caudal hubiese sido superior a 1.1 l/min.

Tabla 6.7.5 Efecto del caudal de suministro del agua y de la temperatura ambiental sobre la ingesta de agua.

Temperatura del galpón, °C		5			35	
Caudal de suministro de agua, l/min	0,1	0,6	1,1	0,1	0,6	1,1
Tiempo invertido en beber, min/d	32,6	7,4	4,2	31,3	13,4	9,9
Ingesta de agua, l/d	3,3	4,4	4,6	3,1	8,0	10,8

5.7.2 Calidad del agua (ver también las Secciones 2.7 y 5.5)

La calidad del agua se caracteriza por su contenido de nitratos, sulfatos y sales disueltas totales (SDTs). Si las SDTs superan las 5000 ppm, se convierte en no apta para cerdos. Igualmente, se ha sugerido que el nivel tóxico de la sal en la dieta es del 2%. Sin embargo, siempre y cuando el cerdo tenga acceso libre al agua, los niveles de hasta 1% o más son bien tolerados por el cerdo y con frecuencia se utilizan para reducir la mordida de la cola y los vicios.

5.8 REQUERIMIENTOS AMBIENTALES Y DE ALOJAMIENTO

El ambiente climático tiene una gran influencia sobre el crecimiento y el desarrollo del cerdo. Afecta la tasa y la eficiencia con la cual se aprovecha la energía y, en consecuencia, influye sobre el crecimiento y la eficiencia de conversión del alimento.

El ambiente climático no es solamente la temperatura, sino una combinación de diversas variables ambientales que incluyen la temperatura, la humedad relativa, la velocidad del aire, el tipo de piso y el grado de radiación. Todo ello influye sobre la energía o el intercambio de calor del cerdo de diferentes maneras. Su efecto combinado se conoce con el nombre de temperatura "efectiva" del ambiente. Por lo tanto, no es sólo cuestión de leer una temperatura dentro del edificio, sino de evaluar el efecto térmico de todos los componentes físicos del ambiente.

5.8.1 Temperatura ambiental e intercambio de energía

Los efectos térmicos del intercambio de calor y del desempeño del animal se ilustran mejor por la respuesta a la temperatura. Bajo condiciones frías, aumenta la pérdida de calor y se necesita más energía para mantener al cerdo caliente, pero el animal lo compensa consumiendo más alimento. Sin embargo, existe una temperatura umbral en donde el aumento de la ingesta no puede compensar el aumento en la pérdida de calor y se reduce el desempeño. El cerdo se torna hipotérmico: su temperatura corporal empezará a descender y eventualmente puede ocurrir la muerte. Por otra parte, cuando el animal se torna demasiado caluroso, la producción de calor y la temperatura corporal aumentan y el animal reacciona consumiendo menos alimento. Sin embargo, la ingesta de alimento no puede reducirse lo suficiente para compensar el aumento en la producción de calor; el animal se torna hipertérmico y eventualmente puede sobrevenir la muerte. Afortunadamente, tales condiciones extremas rara vez se presentan en la producción porcina.

Entre estos dos rangos de temperatura extremos existe un rango estrecho de temperatura dentro del cual la producción de calor y la pérdida de este son mínimas y se maximiza la energía disponible para producción y crecimiento del animal. Esto se llama zona termoneutral o la zona de neutralidad térmica y representa el rango de temperatura dentro del cual la productividad es óptima (zona de productividad óptima).

El límite inferior de esta zona se llama la temperatura crítica inferior (CTI) y el límite superior se denomina temperatura crítica superior (TCS). El objetivo es mantener al animal dentro de esta zona de neutralidad térmica - especialmente por encima de la TCI y debajo de la TCS. Para lograrlo, es importante comprender cuáles son los factores más influyentes. En la Figura 6.8.1 se ilustra una representación diagramática de la relación entre la temperatura del aire y la pérdida de calor.

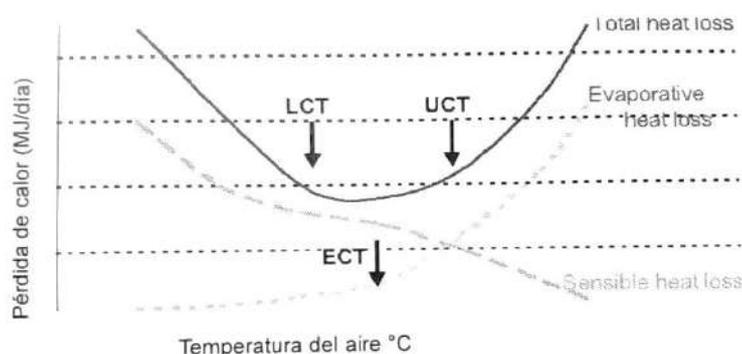


Figura 6.8.1 representación diagramática de los efectos de la temperatura sobre la pérdida de calor total, sensible y por evaporación de los cerdos.

El animal se ajusta a un cambio en la temperatura ambiental cambiando su tasa de pérdida de calor sensible y por evaporación. La pérdida de calor sensible y por evaporación depende de la diferencia entre la temperatura corporal del animal y la del ambiente. Las principales vías de pérdida de calor sensible son a través de la conducción, la convección y la radiación.

La pérdida de calor por conducción depende fundamentalmente del tipo de piso y entre mejor el aislante del piso, menor será la pérdida. La humedad del piso también afecta. La conducción representa alrededor del 20% de la producción total de calor del animal.

La pérdida de calor por convección depende de la tasa de flujo del aire alrededor del animal y por lo tanto depende de la velocidad del viento y de la temperatura de éste. Hay una capa límite de aire alrededor del animal que ofrece aislamiento, pero por encima de 10 cm/sec se rompe y aumenta la pérdida de calor por convección. La pérdida de calor por convección representa alrededor del 40 % del total de calor producido por el animal bajo condiciones normales.

La pérdida de calor a través de radiación depende de la diferencia en temperatura entre el animal y el aire circundante y la temperatura de la pared. Depende de la temperatura, así como de las propiedades de absorción o de reflexión del entorno del animal. De forma similar a la convección, la radiación también representa aproximadamente un 40 % del total de pérdida de calor del animal bajo condiciones normales.

La pérdida de calor sensible, como proporción del total, es alta (80-85 %) a bajas temperaturas, pero disminuye al aumentar la temperatura ambiental (Figura 6.8.1), a medida que el diferencial de temperatura entre el animal y el entorno disminuye.

La pérdida de calor por evaporación representa la vía más importante para perder calor bajo condiciones cálidas. Si la temperatura corporal no ha de aumentar, entonces el cerdo debe perder temperatura por otros medios. Dado que los cerdos no pueden transpirar, se pierde el calor a través del vapor de agua por la respiración y de la piel. La forma más efectiva para que el cerdo pierda calor cuando las temperaturas ambientales son elevadas, es por la piel; por lo tanto, humedecer y mojar la piel con ayuda de aspersores y otros medios es una estrategia de manejo muy efectiva.

La temperatura a la cual empieza a aumentar la evaporación está dentro de la zona de neutralidad térmica y se llama la Temperatura Crítica de Evaporación o TCE (Figura 6.8.1). La pérdida de calor por evaporación depende del diferencial de temperatura entre el animal y su entorno, así como de la humedad relativa (HR) del aire. Entre más elevada la HR bajo condiciones de calor, más difícil resultará para el cerdo disipar el calor.

La pérdida de calor por evaporación es alrededor de 15-20 % de la producción total de calor hasta el valor de TCE, pero luego aumenta marcadamente a medida que se eleva la temperatura y representa entre 80-85 % del total de pérdida de calor a altas temperaturas ambientales.

5.8.2 Requerimientos de Temperatura

Son muchos los factores que afectan los requerimientos de temperatura del cerdo y éstos incluyen:

Peso corporal: Entre mayor el peso corporal, menor la temperatura requerida

Aislamiento térmico o gordura: entre más grueso el aislamiento, menor la temperatura

Tamaño del grupo: Los cerdos en grupos tienen requerimientos de temperatura $2-5^{\circ}\text{C}$ por debajo de los cerdos alojados individualmente

Nivel de alimentación: Entre mayor el nivel de alimentación, menor el requerimiento de temperatura

Tipo de alimento: Los cerdos tienen un umbral de temperatura más elevado cuando se les alimenta con dietas que contienen más grasa. La digestión de la grasa produce menos calor que la digestión de los carbohidratos, de la proteína o de la fibra y el cerdo está menos estresado desde el punto de vista térmico.

La Tabla 6.8.1 presenta una indicación de la zona termo - neutral para cerdos de diferentes pesos corporales e ingesta de alimento.

Peso corporal (kg)	Nivel de alimentación		
	M	2M	3M
20	24-31	19-30	15-28
60	23-30	18-28	13-26
100	22-29	17-26	12-24

*M= 450Kj ME/kg^{0,75}/día

5.8.3 Componentes del ambiente

Además de la temperatura ambiental, muchos componentes del ambiente influyen sobre los requerimientos climáticos del cerdo. Estos incluyen la tasa de movimiento del aire o el flujo de aire, el ambiente radiante, el tipo de piso, la humedad relativa y el tipo de alojamiento.

5.8.3.1.1 Movimiento de Aire o Corrientes y Ventilación

Cuando el movimiento de aire aumenta, el límite de la capa aislante de aire alrededor del animal se dispersa, lo cual aumenta la pérdida de calor. Por lo tanto, entre mayor la tasa de movimiento de aire, mayor la pérdida de calor por parte del animal y mayores sus necesidades de temperatura (Tabla 6.8.2). Además, entre menos grasa dorsal o aislamiento térmico, mayores

los efectos de la velocidad del viento o del movimiento de aire bajo condiciones de frío. En general, se recomienda una velocidad del aire de máximo 0,15 cm / seg, salvo cuando sea necesario enfriar el ambiente.

Tabla 6.8.2 El efecto de la velocidad del aire sobre la temperatura preferida para cerdos de 20 kg.

Velocidad del aire (cm/sec)	Temperatura Preferida (°C)
8	17,9
25	20,5
40	21,7

Elaborado por: 60 El Autor (2023) en referencia a

Bajo condiciones de frío es importante evitar que el animal se vea sometido a corrientes de aire. Esto significa que el sistema de ventilación del edificio sea satisfactorio y que los cerdos estén protegidos del impacto directo de los ventiladores. Igualmente, es importante que no soplen directamente el aire frío sobre los animales.

Bajo condiciones de calor resultan beneficiosas las altas tasas de movimiento de aire, ya que éstas aumentan la tasa de intercambio calórico y mantienen al animal fresco. Sin duda el aplicar corrientes de aire alrededor de los animales en condiciones de calor es favorable acusa beneficios sobre la producción (ver la Sección 5.9.2).

5.8.3.1.2 Tipo de Piso

El tipo de piso puede afectar el desempeño de los cerdos. Aproximadamente 20% del calor producido por el cerdo se conduce a través del piso. Por lo tanto, entre mejor el aislamiento del piso, menor la tasa de transferencia de calor y menor el requerimiento de temperatura y mejor el desempeño de los cerdos. En comparación con el lecho de paja, las necesidades de temperatura de los cerdos que se mantienen en pisos total o parcialmente enlosados son 4-5 ° C superiores, siendo intermedio el concreto aislado. La Tabla 6.8.3 ofrece alguna idea acerca de los requerimientos de temperatura de los cerdos en crecimiento - terminación en diferentes tipos de pisos.

Tabla 6.8.3. Requerimientos de temperatura (°C) de los cerdos en crecimiento - terminación con diferentes tipos de pisos cuando se les alimenta según el apetito

Peso corporal (kg)	Lecho de paja	Concreto aislado	Totalmente perforado	Parcialmente enlosado
10	20-24	22-26	24-28	25-28
15	18-23	19-24	22-27	22-27
20	15-23	16-24	19-26	19-25

30	13-23	14-24	18-25	17-25
70	11-22	12-23	17-25	15-26

Tabla 6.8.4 Los valores esperados de TCI (°C) en cerdos de 50kg a diferentes ingestas de alimento cuando se mantienen en diferentes tipos de suelo y velocidades de aire.

Nivel de alimento (kg/d)	Tipo de suelo	Velocidad del aire (m/sec)	CTI(°C)
1,4	Losas	0,45	22
	Losas	0,15	19
1,4	Paja	0,45	20
	Paja	0,15	17
2,1	Losas	0,45	15
	Losas	0,15	13
2,1	Paja	0,45	11
	Paja	0,15	5

5.8.3.1.3 Humedad Relativa

También debe tomarse en consideración la humedad relativa. En los cerdos en crecimiento, un aumento de la humedad relativa entre 60 y 95 % no tuvo efecto alguno sobre el desempeño a 22°C, pero a 28°C la tasa de crecimiento se redujo en 8%.

5.8.3.1.4 Efectos Climáticos Combinados

Puesto que se conoce la respuesta a muchas de las variables ambientales, es posible evaluar su efecto combinado. La Tabla 6.8.5 se ha elaborado para demostrar el efecto de las principales variables ambientales: velocidad del aire, tipo de piso y ambiente radiante. Los efectos térmicos o las equivalencias de los diferentes componentes se han calculado en términos de un cambio en la temperatura ambiental efectiva, en comparación con una temperatura: estandarizada. Por ejemplo, aumentar el flujo de aire de 0.2 a 0,5 y 1.5 m/seg produce una reducción de 3 y 6 °C en la temperatura efectiva, respectivamente. Por lo tanto, si se calcula la temperatura efectiva a una velocidad de aire de 0,2 m/ sec en 20 ° C, entonces, aumentar la velocidad de movimiento del aire de 0.2 a 0.5 y 1,5 m/ seg reducirá la temperatura efectiva a 17 y 14 ° C, respectivamente.

Tabla 6.8.5 Cambio en la temperatura ambiental efectiva para cerdos en crecimiento alojados individualmente, bajo condiciones variables.

Condición	Cambio en la temperatura
-----------	--------------------------

		efectiva (°C)
Velocidad del aire (m/sec)	0,2	-4
	0,5	-7
	1,5	-10
Tipo de piso	Paja	+4
	Losas de concreto	-5
	Piso húmedo, solido	-5 a -10
Radiación:	1	-0,5
Diferencial aire pared (°C)	3	-1,5
	13	-7,0

Utilizando esta información para todos los componentes del ambiente, es posible diseñar un sistema sencillo para calcular la temperatura efectiva para cualquier condición de alojamiento específica. La Tabla 6.8.6 muestra cómo puede hacerse esto utilizando una serie de factores de ajuste, dependiendo de variables climáticas específicas.

Tabla 6.8.6 los componentes del ambiente y sus factores de ajuste para establecer la temperatura efectiva del galpón.

Temperatura	Estos datos deben conocerse e ingresarse			
Aislamiento del galpón	Si (1,0)	No (1,0)		
Corrientes de aire	No (1,0)	Bajas (0,8)	Altas (0,7)	
Tipo de suelo	Aislado (1,0)	No aislado (0,9)		
Losas	Si (0,9)	No (1,0)		
Paja	No (1,0)	Somera (1,2)	Media (1,3)	Profunda (1,6)
Condición del piso	Seco (1,0)	Mojado (0,8)		

En la Tabla 6.8.7 se presenta un ejemplo específico, aun cuando el termómetro indique 20°C, la temperatura efectiva, es decir los efectos térmicos combinados de los componentes físicos del ambiente, era equivalente a una temperatura de 15.5°C. Esto muestra cuán importante es tomar en consideración el ambiente en su totalidad y no solamente los efectos de la temperatura ambiente.

Tabla 6.8.7. Cálculo de la temperatura efectiva del galpón (°C) para cerdos bajo condiciones típicas de alojamiento

Temperatura	20 (°C)	Factor de corrección
Aislamiento del galpón	Si	x1,0
Corrientes de aire	Bajas	x0,8
Piso	No aislado	x0,9
Losas	Si	x0,9
Paja	Somera	x1,2

Condición de piso	Seco	x1,0
Temperatura efectiva del galpón	15.5°C	

Esto se ilustra en más detalle en la Figura 6.8.2, la cual muestra el efecto de los factores nutricionales y ambientales de la temperatura crítica de un grupo de cerdos de 60 kg.

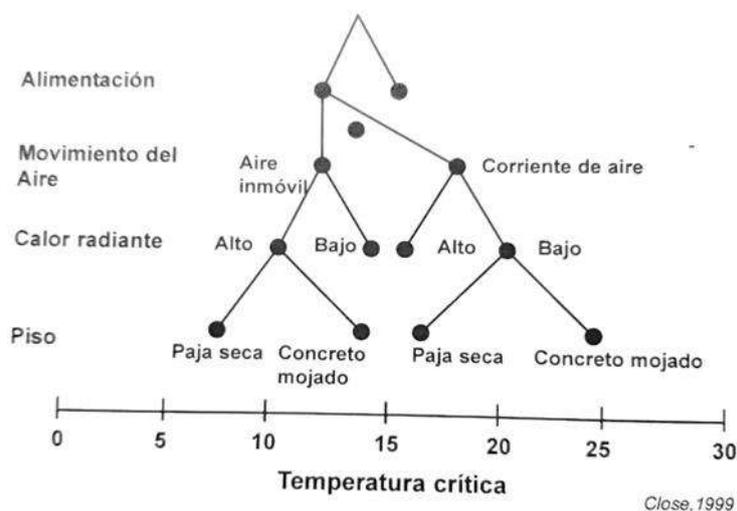


Figura: 9 Figura 6.8.2 Factores Nutricionales y Ambientales que Influyen sobre la Temperatura Crítica de un grupo de Cerdos de 60 kg ($M = 440\text{kJ ME/kg}0.75\text{d}$).

5.8.4 Efecto de la temperatura sobre la tasa de crecimiento y deposición de tejido

Aun cuando la ingesta de alimento voluntaria del animal y, por ende, el desempeño, cambia con la temperatura (ver la Sección 6.9), la temperatura en si tiene un efecto directo sobre el crecimiento y el desempeño. Sin duda, la temperatura influye sobre la forma en que se divide la ingesta energética del animal entre calor emitido y deposición de proteína y grasa en el cuerpo. Esto se muestra detalladamente en la Tabla 6.8.8, mostrando la división de la ingesta energética de cerdos alimentados a voluntad en componentes de emisión de calor y ganancia de proteína y de grasa a diferentes temperaturas.

Tabla 6.8.8 Los efectos de la temperatura ambiental sobre el crecimiento y la división de la energía en cerdos de 35 kg.

Temperatura (°C)	Ingesta de ME (MJ/d)	Emisión de calor (MJ/d)	Ganancia de proteína		Ganancia de grasa	
			(MJ/d)	(g/d)	(MJ/d)	(g/d)
10	28,3	14,5	3,6	151	10,2	258
15	23,8	12,4	2,8	118	8,6	217
20	23,0	12,3	2,6	108	8,1	203
25	20,3	10,3	2,2	94	7,8	196
30	17,3	11,0	1,8	76	4,5	114

Estos resultados señalan que:

- Hubo una dramática reducción en la ingesta de energía a medida que aumentó la temperatura ambiental.
- Tanto la ganancia de proteína como de grasa disminuyeron con la temperatura a consecuencia del menor apetito del cerdo. No obstante, la reducción en la ganancia de proteína fue menor que la reducción en ganancia de grasa. Por lo tanto, los cerdos eran más magros a las mayores temperaturas y más gordos a temperaturas menores.
- La deposición de grasa es más sensible a la temperatura ambiental que la proteína o la deposición de tejido magro. Sin duda, la proteína es relativamente independiente de la temperatura, pero por supuesto que depende de la ingesta de nutrientes.
- Se ha calculado que por cada 1°C que caiga la temperatura por debajo de 5°C:
 - la reducción en la ganancia de proteína fue equivalente a una reducción de 4 g/día en la ingesta de alimento
 - la reducción en la ganancia de grasa fue equivalente a una reducción de 28 g/día en la ingesta de alimento
 - la reducción en la ganancia de peso corporal fue equivalente a una reducción de 20 g/día en la ingesta de alimento
- La emisión de calor también disminuyó con la temperatura hasta 25 °C, pero de ahí en adelante aumentó. La emisión de calor, como proporción de la ingesta de EM se mantuvo constante a un nivel de ~50% entre 10 y 25 °C, pero luego aumentó a ~60 % a 30 °C. Por lo tanto, la combinación de una baja ingesta energética y mayor producción de calor a altas temperaturas ambientales implica que habrá menos energía producida disponible para el crecimiento y, en consecuencia, menores índices de crecimiento a temperaturas por encima de la TCS.
- A temperaturas por debajo de la TCI, aumenta la emisión de calor, pero el aumento en la ingesta de alimento suele superar al nivel necesario para compensar por la demanda adicional de calor. Por lo tanto, hay más nutrientes disponibles para la producción y generalmente aumenta la tasa de crecimiento. Sin embargo, se llega a una temperatura a la cual el animal no puede consumir más alimento por la limitación física del intestino. Entonces la ingesta de nutrientes no puede ir a la par con la demanda metabólica y la energía disponible para la producción es limitada y disminuye el crecimiento. Esto también ocurrirá cuando se restringe el suministro.

Tal vez la mejor forma de demostrar los efectos de la temperatura sobre la tasa de crecimiento sea medir el desempeño de los cerdos a distintos niveles de alimentación. Esto se ilustra en la Figura 6.8.3 y muestra que, a cualquier nivel determinado de ingesta de alimento, entre menor la temperatura, peor el índice de crecimiento de los animales.

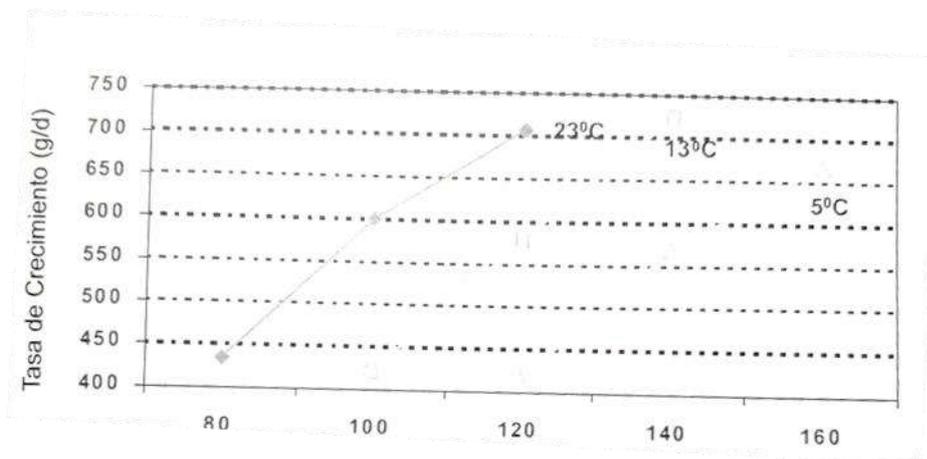


Figura 6.8.3 Efecto de la temperatura y de la ingesta de alimento sobre el índice de crecimiento

La tasa de crecimiento puede mantenerse a las temperaturas más bajas suministrando más alimento. El grado de reducción de la tasa de crecimiento y el aumento de la ingesta de alimento necesario para mantener la tasa de crecimiento por debajo del valor de la TCI de los cerdos se ilustra en la Tabla 6.8.9.

Tabla 6.8.9 La reducción de la tasa de crecimiento y los requerimientos de alimento adicional para compensar la tasa de crecimiento reducida por cada 10C por debajo de la TCI.

Peso corporal, kg	20	60	100
Reducción en la tasa de crecimiento, g/d	14	12	8
Aumento de la ingesta de alimento, g/d	20	32	45

5.8.5 Densidad Poblacional

La densidad poblacional o la asignación de espacio tienen un marcado efecto sobre el desempeño de los cerdos. Si hay una sobrepoblación de los animales, se reduce la ingesta de alimento y sufre la tasa de crecimiento (Sección 6.9).

El total de área de piso debe ser adecuada para dormir, alimentarse y hacer ejercicio. De hecho, en muchos países es obligatorio ofrecer a los animales espacio suficiente para ejercer sus cinco derechos de libertad:

1. Comodidad y abrigo
2. Alimento y agua
3. Movimiento
4. Compañía de otros animales

5. Oportunidad para ejercitarse dentro de un patrón normal de conducta

Por ejemplo, se emiten las siguientes recomendaciones de espacio mínimo permitido para cerdos de diferentes pesos corporales en los Estados Unidos.

Tabla 6.8.9.1 Asignación mínima de espacio para cerdos de diferentes pesos corporales en Estados Unidos

Peso corporal (kg)	Requerimientos de espacio mínimo (m ² /cerdo)
0-10	0,15
10-20	0,20
20-30	0,30
30-50	0,40
50-85	0,55
85-110	0,65
>110	1,00

Esto también se ilustra gráficamente en la Figura 6.8.4. La asignación de espacio nunca deberá estar por debajo de la línea señalada.

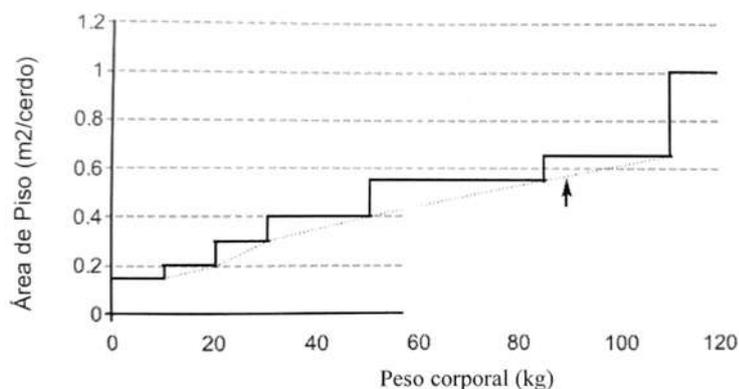


Figura 6.8.4 Asignación mínima de espacio para cerdos de diferentes pesos corporales en Estados Unidos

Si hay una sobrepoblación de cerdos pueden surgir problemas conductuales debido a que los animales se mostrarán más activos y agresivos, lo cual puede afectar el desempeño. Por ejemplo, el trabajo de Eubank (1972) demostró que a medida que se redujo el espacio asignado, hubo un aumento significativo en el número de agresiones (Tabla 6.8.10). Los cerdos eran más activos y dormían menos tiempo. Esto aumentará el gasto de energía y, a menos que se aumente la ingesta de alimento, disminuirá la tasa de crecimiento.

Tabla 6.8.10 Efecto de la densidad poblacional sobre los patrones conductuales de los cerdos.

Asignación de espacio, m ² /cerdo	1,19	0,77	0,56
--	------	------	------

No. de agresiones.	134	181	192
Tiempo transcurrido (%):			
Activos	41	45	53
Acostados, sin dormir	25	25	24
Acostados, durmiendo	34	30	23

También es interesante destacar que entre más espacio de piso disponible tengan los animales, menos tiempo pasan alimentándose y bebiendo debido a que no hay competencia. Pasan más tiempo descansando.

5.8.6 Tamaño del Grupo

Antiguamente solía recomendarse que el tamaño óptimo de grupo para cerdos en crecimiento-terminación era de 10-20 animales por corral. Sin embargo, siendo común en la actualidad tener grupos de 100 y de 1000 cerdos por corral, pareciera que los cerdos pueden vivir cómodamente y crecer y convertir el alimento con mucha eficiencia en grupos de tales magnitudes. Desafortunadamente hay pocos estudios publicados sobre los efectos sobre los cerdos en crecimiento terminación cuando el tamaño del grupo supera los 100 cerdos por corral (ver la Sección 6.8.8).

La lógica y las consecuencias de mantener cerdos en grandes grupos se han discutido anteriormente en el Capítulo 5 sobre el lechón (Sección 5.9.6) y en el Capítulo 6 sobre el cerdo en crecimiento- terminación (Sección 6.8.8).

5.8.7 Calidad del Aire y Ventilación

Los niveles de gases tales como el amoníaco (NH₃), el monóxido de carbón (CO), el dióxido de carbón (CO₂) y el sulfuro de hidrógeno (H₂S), así como el polvo, pueden influir todos no solamente sobre la salud, el bienestar y el desempeño de los cerdos, sino también de los cuidadores. Ya se ha comentado un resumen sobre los gases tóxicos y sus efectos clínicos (Sección 5.9.7). Es necesario garantizar que estos gases tóxicos se mantengan dentro de límites aceptables, como se indica en la Tabla 6.8.11.

Tabla 6.8.11 Niveles de Gases Tóxicos Aceptables

CO ₂	0.2-0.3%
CO	5ppm
NH ₃	10-25ppm
H ₂ S	0.1-5ppm

Los efectos clínicos dependen de la concentración en la atmósfera. Por ejemplo, con relación al NH₃, los efectos clínicos a diferentes concentraciones son:

<5 ppm	No se huele
5-10 ppm	Se detecta por el olfato
10-15 ppm	Produce leve irritación de los ojos
>15 ppm	Irritación severa de los ojos y lagrimeo

Es por estas razones que existe un requerimiento en diversas leyes nacionales de limitar el tiempo máximo de exposición a los diferentes gases (Tabla 6.8.12).

Tabla 6.8.12 Límites de Exposición Máxima a los Gases Dañinos (Reino Unido)

	8 horas de exposición	10 min de exposición
CO ₂	0,5%	1,5%
CO	55 ppm	300 ppm
NH ₃	25 ppm	35 ppm
H ₂ S	10 ppm	15 ppm

Bajo condiciones normales de buena ventilación y manejo, estos gases no deben estar presentes en concentraciones suficientes como para afectar el desempeño del lechón ni influir sobre la salud humana. (Tabla 6.8.13).

Tabla 6.8.13 Pautas para los Índices de Ventilación (m³/sec)

Peso corporal (kg)	Mínimo	Máximo
		(para una diferencia de temperatura de 3°C)
5	0,00036	0,0058
10	0,00078	0,0092
20	0,0013	0,015
30	0,0035	0,036
80	0,0037	0,037

Una ventilación efectiva debe ofrecer lo siguiente:

- Buen control de clima
- Evitar corrientes de aire
- Remover los patógenos, las partículas de polvo, etc.
- Minimizar el nivel de gases dañinos
- Brindar un patrón adecuado de distribución del aire
- Mantener el equilibrio de calor en el local

Igualmente existe una estrecha correlación entre el contenido de polvo en el ambiente y el nivel de micro-organismos aéreos. El nivel de polvo debe ser mínimo, puesto que es irritante y reduce la resistencia a las enfermedades respiratorias, ayudando a que los micro-organismos sobrevivan al brindarle protección. De hecho, es justamente la combinación de gases dañinos y de polvo lo que realmente afecta el desempeño de los cerdos (Tabla 6.8.14).

Tabla 6.8.14 Efecto del tamaño del Grupo y de la Limpieza del Ambiente sobre la ingesta de alimento y el desempeño de cerdos destetados.

Ambiente	Limpio		Sucio	
Tamaño del grupo	1	10	1	10
Amoniaco (ppm)	6,0 _a		12,7 _b	
CO2(ppm)	1773 _a		2268 _b	
Polvo total (mg/m ³)	1,46 _a		2,28 _b	
Ingesta de alimento (g/día)	804 _a	767 _{ab}	703 _b	760 _{ab}
Tasa de crecimiento (g/día)	611 _a	573 _{ab}	534 _b	544 _b

^{a,b} Los valores con distintos subíndices son estadísticamente diferentes (p<0,05)

El polvo es un problema específico cuando se usa cama de paja y se han investigado distintas modalidades para reducir el polvo. Una tecnología es impregnar o rociar una mezcla de aceite y agua sobre la cama. En un estudio, Banhazi y Col. (2001), investigaron el efecto de rociar semanalmente una mezcla de aceite/agua sobre aserrín impregnando de aceite y registraron una mejora significativa en la calidad del ambiente (Tabla 6.8.15). Por lo tanto, esta técnica ofrece potencial para grandes grupos de cerdos.

Tabla 6.8.15 El efecto de suministra Semanalmente Aserrín Impregnado de Aceite sobre la Salud de los Lechones y la Calidad del Ambiente

	Partículas respiratorias	Partículas Inhalables	Bacterias viables
	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(CFU/m ³)
Control	0.11 _a	2.07 _a	44.000 _a
Tratado	0.09 _b	1.57 _b	29.000 _b
Variación,%	18	24	34
Banhazi y Col., 2001			
a,b los valores con subíndices diferentes son estadísticamente distintos. (p<0.05)			

Tabla 6.8.16. Lista de Control para Mantener la Calidad del Aire.

<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la calidad del aire en la inspección diaria • Verificar la humedad relativa • ¿Hay condensación? • Olor: niveles de Amoniaco (debe ser < 10 ppm)
--

- Niveles de polvo
- Evaluar el patrón en el cual se acuestan los cerdos
- ¿Hay corrientes de aire?
- Verificar las fluctuaciones de temperatura
- Asegurarse de que los ventiladores y las entradas de aire estén funcionando
- Limpiar las entradas y las salidas entre lotes
- Revisión seminal para asegurar el buen funcionamiento de los sistemas de control
- Probar el mecanismo de seguridad
- Evaluar el nivel de enfermedad
- Controlar la densidad poblacional

Elaborado por: 61 El Autor en referencia a lo propuesto por Muirhead y Alexander, 1997

5.8.7.1.1 Amoniaco y Desempeño del Cerdo

Uno de los gases y contaminantes más irritantes que emana de la producción porcina es el amoníaco. No solamente contamina la atmósfera, sino que tiene un marcado efecto sobre el desempeño de los cerdos, así como sobre la salud y el bienestar del cuidador. (Sección 8.5).

La concentración de amoníaco afecta el desempeño del cerdo por su efecto sobre la ingesta voluntaria de alimento (Sección 6.9). Entre más elevado sea el nivel de NH_3 en la atmósfera, menor la ingesta de alimento del cerdo (Figura 6.8.5). Por lo tanto, los métodos para reducir la concentración de NH_3 en el corral de los cerdos mejorarán el desempeño.

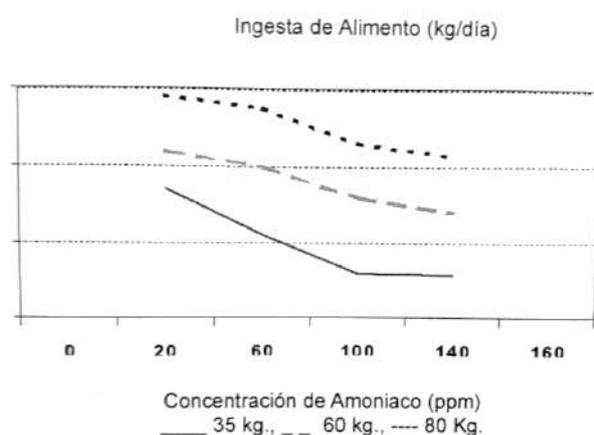


Figura 6.8.5 Concentración de Amoniaco y consumo de alimento en cerdos

Una forma simple y efectiva de reducir el amoníaco es suplementando la dieta con extracto de la planta de *Yucca schidigera*. Esta contiene una glicoproteína que se adhiere a grandes cantidades de amoníaco y, por lo tanto, se libera menos amoníaco al ambiente. Un ejemplo típico del efecto del extracto de *Yucca schidigera*, De – Odorase™ (Alltech Inc.) sobre la concentración de amoníaco en la producción intensiva de cerdos se ilustra en la Figura 6.8.6.

Como consecuencia de la reducción de amoníaco, mejora tanto el desempeño de los animales, como la salud y aumenta el aprovechamiento de nitrógeno.

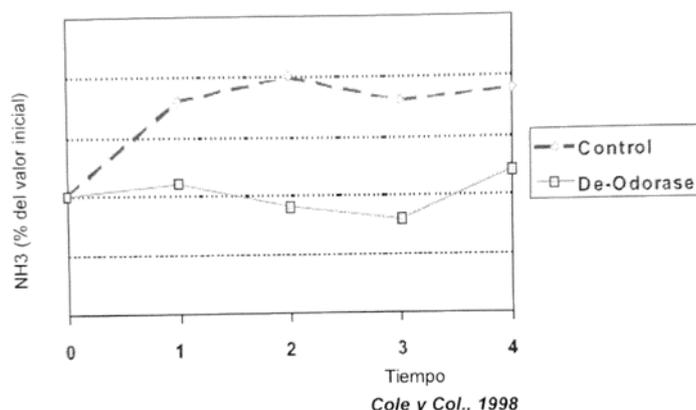


Figura 6.8.6. Reducción de la Emisión de Amoníaco con De- OdoraseTM

5.8.7.1.2 Sistemas de Alojamiento

Hay muchos sistemas de alojamiento para la producción porcina. Van desde los sistemas intensivos controlados desde el punto de vista ambiental, hasta los sistemas más extensos basados en cobertizos de grandes grupos. Puesto que se conoce la magnitud de la respuesta de los animales a los distintos componentes termales, es posible calcular la temperatura crítica de los animales que viven bajo diferentes condiciones de alojamiento (Tabla 6.8.17). Si la temperatura del aire para cada tipo de condiciones de alojamiento específicas es inferior a la indicada, entonces la energía del alimento se utiliza para compensar el diferencial de temperatura.

Tabla 6.8.17 Valor de la TCI (° C) de grupos de cerdos bajo diferentes condiciones de alojamiento. Peso Corporal (kg)

	20		60		100	
	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno
Corral aislado, sin corrientes de aire	14		12		7	
Corral no aislado, sin corrientes de aire	17		15		11	
Corral aislado, corrientes de aire		18		16		13
Corral no aislado, corrientes de aire		23		20		17
Corral, cama de paja	10		8		2	
Corral no aislado, concreto frio/mojado		29		25		22

5.8.7.1.3 Sistemas de Alojamiento Alternativos para Cerdos

La cría de animales en camas profundas bien sea en estructuras convencionales o en galpones tipo túnel cubiertos de plástico no es un concepto novedoso. El término genérico "cobertizos" se refiere a estructuras con revestimiento plástico y de acero de diferentes diseños, utilizadas para el alojamiento de los cerdos en camas profundas. Los primeros cobertizos en Australia se desarrollaron en 1992 y, desde entonces, una serie de fabricantes han ingresado al Mercado. Además, muchos productores han convertido antiguas edificaciones o estructuras construidas específicamente con materiales convencionales, para utilizarlos como instalaciones de camas profundas. Esto refleja el creciente interés en los sistemas de alojamiento de cama profunda y sistemas alternativos. Resultan atractivos para muchos productores por su aparente naturaleza que fomenta el bienestar y el bajo costo de capital. También pueden facilitar la adopción de prácticas de gestión que han demostrado mejorar la eficiencia, tales como la producción en múltiples sitios, gestión "todo entra - todo sale" con sexos separados y alimentación por fases.

En el año 2000 la Pig Research and Development Corporation (Corporación de Investigación y Desarrollo Porcino) comisionó al Departamento de Agricultura de WA (Payne y Col., 2001) para desarrollar recomendaciones de las mejores prácticas e identificar problemas emergentes relacionados con el uso de sistemas de alojamiento alternativos para toda clase de cerdos. Algunos de tales hallazgos se comentan a continuación.

5.8.7.1.4 El Desempeño en Refugios

Es posible lograr un desempeño de crecimiento aceptable y calidad de la canal en refugios (Tabla 6.8.18) y sin duda, se han reportado tasas de crecimiento por encima de los 700 g/día entre el nacimiento y el peso para el tocino. Sin embargo, hay otra evidencia de campo que demuestra que algunos cerdos criados en refugios presentan mayores valores de ingesta de alimento y espesor de la grasa dorsal y, en consecuencia, menor eficiencia de conversión de alimento.

Tabla 6.8.18 Datos de Desempeño Promedio de una Encuesta de Lechones Comerciales Utilizando Refugios en Australia

	Promedio de la granja	Promedio ponderado	Valor inferior	Valor ,as alto
Destetados				
Edad dentro del refugio, d	19.3	14.8	14	21
PV en el refugio, kg	5.9	4.7	4.5	6.5
Edad fuera del refugio, d	62.3	69.0	53	70
PV fuera del refugio, kg	25.4	28.0	20.0	30.0

TC en el refugio, g/d	438	424	388	480
Destetados a terminación				
Edad dentro del refugio, d	19.0	18.9	17	21
PV en el refugio, kg	5.7	6.0	5.0	6.0
Edad fuera del refugio, d	156.3	156.7	140	168
PV fuera del refugio, kg	101.3	103.2	95.0	109.0
CT en el refugio, g/d	699	709	665	748
Crecimiento a terminación				
Edad en el refugio, d	64.8	67.6	56	70
PV en el refugio, kg	25.9	27.0	20.0	30.0
Edad fuera del refugio, kg	164.0	165.1	161	182
PV fuera del refugio, kg	102.5	106.8	86.0	110.0
TC en el refugio, g/d	805	828	571	1019

Payne y Col., 2001

El estado de salud de los cerdos en refugios pareciera igual o mejor en muchos casos, cuando se compara con los sistemas convencionales. Esto tal vez se deba a la gestión "todo entra-todo sale" de los refugios, menor densidad poblacional y menos cerdos por espacio de aire determinado. Se sabe que todos estos factores reducen la prevalencia de enfermedades. Con frecuencia resulta más fácil obtener las aprobaciones necesarias para sistemas de producción de desechos sólidos en contraste con los que requieren lagunas de tratamiento, lo cual en algunos casos hace que la única opción sea el refugio.

5.8.7.1.5 Tipo de Refugios

Tanto los refugios de túnel como los ecológicos tienen algún tipo de cubierta plástica. Los refugios tipo túnel simplemente se ventilan de un extremo al otro, mientras que los tipos ecológicos tienen cortinas laterales o toldos fijos que permiten la ventilación de flujo cruzado. Las estructuras construidas a propósito utilizando materiales convencionales tienen o bien techos en un solo plano o de doble plano con respiraderos en saliente. El desempeño del cerdo pareciera ser similar, independiente del diseño, de los materiales empleados, de los métodos de construcción y del costo. Sin embargo, la duración y los requerimientos de mantenimiento de las estructuras pudieran variar considerablemente.

El promedio y el rango de costo de los refugios por sitio de cada cerdo se ilustran en la Tabla 6.8.19. El amplio abanico de costos de los refugios se debe a diferencias en el diseño, en los materiales y en los equipos utilizados.

Tabla 6.8.19 Promedio y Rango de Costos de los Refugios (AUD por sitio para cada cerdo)

Categoría del refugio			
	Destetado	Crecimiento/Terminación	Madre seca
Costo promedio por sitio de cada cerdo	41	78	209
Valor más bajo	5	20	40
Valor más alto	106	130	300

Elaborado por: 62 El Autor (2023)

5.8.7.1.6 Materiales del Piso

Originalmente la idea de los refugios era operar con pisos de tierra para minimizar los costos de capital. Sin embargo, los pisos de tierra no son apropiados cuando puede presentarse lixiviación que afecte el agua subterránea. Los cerdos excavan hoyos y depresiones y túneles debajo de las rajadas y las paredes. Con el hocico el cerdo mezcla tierra, arcilla y agregados en el lecho, lo cual aumenta la cantidad de material que debe removerse. Esto devalúa su uso para compost y puede representar un peligro potencial para los equipos utilizados para esparcir.

Existe cierta evidencia anecdótica que sugiere una menor prevalencia de algunas enfermedades, tales como la erisipela, la artritis y la parasitosis interna con el uso de pesos de concreto debajo de las camas profundas, pero es algo que no se ha comprobado. Los pesos de concreto pueden limpiarse, lavarse a presión y desinfectarse si es necesario. Aun cuando los pisos de concreto presentan múltiples ventajas, la selección del piso suele hacerse en función de razones financieras. En algunos casos la diferencia entre el costo del concreto y el costo de construir y mantener pisos impermeables utilizando otros materiales puede no ser considerable. Sin embargo, en otros casos, los pisos de tierra siguen siendo la opción más costo - efectiva, a pesar de las desventajas.

A largo plazo, el éxito de los refugios depende de:

- un suministro confiable de material de cama a precios razonables
- reducir la diferencia en la eficiencia del alimento entre refugios y sistemas convencionales
- no aparezcan problemas imprevistos de enfermedades
- desarrollar un sistema gerencial que facilite el cumplimiento de procedimientos de rutina, tales como selección y tratamiento de cerdos lesionados
- desarrollar métodos sustentables y cost - efectivos de disposición del estiércol

5.8.7.1.7 Lista de Control para el Usuario

Existe una amplia gama de aspectos identificados por Hugh Payne y sus colegas del WA Department of Agriculture que deben tomarse en consideración cuando se vayan a utilizar exitosamente sistemas de alojamiento para cerdos. La lista que sigue a continuación señala algunos de los más importantes que podrían considerarse como una lista de control en las primeras etapas del desarrollo.

5.8.7.1.7.1 1. Selección del Lugar

- El acceso vehicular durante todas las condiciones del tiempo, hacia y dentro del lugar es esencial para transportar a los animales hacia y desde las instalaciones, para la entrega del alimento y la remoción del estiércol.
- El sitio debe estar sobre una superficie elevada que permita el drenaje libre.
- El sitio debe estar sujeto al efecto de los vientos para tener una ventilación natural.
- Espacio suficiente para almacenar paja; pilas de estiércol, etc.
- Orientar la instalación con el eje largo de este a oeste, pero tomando en consideración los vientos existentes.
- Techos de un solo nivel inclinados hacia abajo de norte a sur

5.8.7.1.7.2 2. Bebederos

Deben evitarse o controlarse los derrames para evitar que se moje la cama. Es preferible utilizar bebederos tipo tazón o escudilla, pero pueden usarse bebederos giratorios y canales.

5.8.7.1.7.3 3. Sistemas de enfriamiento por aspersión

Donde sea necesario el enfriamiento por aspersión en alojamientos convencionales, también serán necesarios en refugios.

5.8.7.1.7.4 4. Densidad poblacional

Se sugieren las siguientes densidades para la población porcina:

Tabla 11 Densidades de población porcina por espacio en metros cuadrados

Edad (semanas)		Peso (kg)	Área (m ² /cerdo)
Destetados	3-oct	may-35	0.55-0.75
Crecimiento/Terminación	ago-24	20-110	1.00-1.30
Madres Secas- Área de la cama	-	-	2.5-3.0

Elaborado por: 63 El Autor (2023) en base a sus conocimientos

5.8.7.1.7.5 5. Requerimientos para la cama

La paja de cebada y la cascarilla de arroz son posiblemente los tipos de cama más adecuados y comunes en los refugios en Australia. Es esencial suplir en la cantidad correcta a intervalos periódicos a fin de mantener un buen ambiente y por ende optimizar el desempeño de los animales. Los requerimientos sugeridos de cama de paja (kg / cerdo / día) son: destetados 0,3 a 0,4, crecimiento - terminación 0,6 a 0,8, y para madres secas 1,8. La cascarilla de arroz debe ser de una profundidad de 10 cm.

Puntos Claves

Si bien es cierto que se ha desarrollado el concepto de alojamiento separado para los cerdos en crecimiento y terminación de los lechones destetados, algunos productores prefieren tener a los animales en estos refugios desde el destete hasta el sacrificio. Es necesario examinar una serie de factores tales como el suministro de alimento y agua y el costo efectividad, en comparación con un sistema separado.

En la mayoría de los casos, los lechones destetados se desarrollan muy bien en refugios, siempre y cuando la gestión y el diseño sean los indicados.

El mayor espesor de la grasa dorsal y una mayor eficiencia de conversión del alimento, en razón de una mayor ingesta de alimento, son aspectos preocupantes por su mayor impacto sobre la rentabilidad.

Si bien es cierto que existe la creencia general de que la calidad del aire mejora en los refugios, puede haber más problemas de salud en el tiempo si los refugios no se limpian adecuadamente entre lotes de cerdos (instalaciones porcinas enfermas: ver 6.8.9). Una excesiva densidad poblacional o negligencia en el manejo apropiado de la cama, también puede significar un deterioro de la calidad del aire, especialmente los altos niveles de amoníaco bajo condiciones de calor y humedad. Los niveles de polvo también pueden ser considerables, lo cual representa un riesgo para la salud animal y humana.

Existe la percepción de que hay beneficios para el bienestar de los animales y tal vez para la imagen de la industria porcina cuando se tienen los cerdos alojados en grupos, con mayor espacio disponible y acceso a camas. Sin embargo, esto no implica que los sistemas confinados sean necesariamente malos ya que cualquiera de los dos sistemas funciona bien, siempre y cuando la gestión y las condiciones ambientales sean apropiadas.

Si bien es cierto que los sistemas de enfriamiento por aspersión son tan importantes en los sistemas con camas como en los convencionales, pueden presentarse problemas de exceso de humedad en la cama debido a una mala regulación del sistema o a rupturas.

La decisión final sobre invertir en sistemas de alojamiento alternativos en lugar de los convencionales depende de la comparación costo beneficio entre los sistemas a lo largo de un lapso mínimo de 10 años.

Muchas granjas porcinas que han adoptado el sistema de camas tienen pilas de material adecuado para hacer compost o para regarlo directamente sobre la tierra, pero lograr que quienes están interesados en comprarlo paguen su verdadero valor puede ser un problema.

Clasificar, manejar, verificar y separar los cerdos es más problemático en el caso de grupos grandes de animales en instalaciones de áreas extensas que en el caso de instalaciones convencionales.

Los refugios no siempre son apropiados y requieren un nivel de gestión alto para que funcionen adecuadamente. Cada vez más cerdos son criados actualmente en refugios, pero aún queda mucho por recorrer para comprender los pequeños detalles que representan lograr que funcionen efectivamente en todas las situaciones.

5.8.7.2 6.8.9 Instalaciones Porcinas Enfermas

Si las instalaciones no se mantienen y limpian regularmente, por ejemplo, después de cada lote de cerdos, entonces habrá una acumulación gradual de "enfermedad" a lo largo de un determinado periodo de tiempo que afecta el desempeño. Tales instalaciones se llaman "Instalaciones porcinas enfermas" y no permitirán que los animales desarrollen su pleno potencial para crecer. La Tabla 6.8.21 edad (y la condición) de una instalación puede afectar el desempeño de los cerdos. Esto realza la importancia de la buena higiene, la limpieza y los procedimientos de servicio.

Tabla 6.8.21 Edad de una Instalación y Desempeño de los Lechones (0-4 semanas).

	Nueva	2 Años	3 Años	4 Años
Ingesta de alimento, g/día	817	531	454	431
Tasa de crecimiento, g/día	445	322	254	240
Alimento: Ganancia, g/g	1,82	1,69	1,82	1,73

ISU, 1995

5.8.8 6.8.10 Resumen

El ambiente no debe limitar el desempeño de los animales. Una forma de medir cuán adecuado es el ambiente, es observando el comportamiento de los cerdos y el patrón dentro del cual se

acuestan. Las observaciones y las destrezas del cuidador son esenciales para corregir cualquier deficiencia del ambiente.

<p>Los Cerdos Tienen Mucho Frio Se juntarán unos con otros para tener el máximo contacto entre ellos y ocupar el mínimo de espacio de suelo</p>	<p>Los Cerdos Tienen Mucho Calor Se separarán para tener un mínimo de contacto entre ellos y máxima utilización del espacio del suelo. Se revolcarán en las heces y en el agua. Aumenta la frecuencia respiratoria - jadeo</p>
<p style="text-align: center;">ACCIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aumentar la densidad poblacional • Reducir el espacio de aire • Reducir la tasa de ventilación • Colocar cama • Mantener los pisos secos • Proveer calefacción adicional • Aislar las paredes y el techo • Suministrar más alimento • Suministrar una dieta más baja en especificación de nutrientes; más fibra 	<p style="text-align: center;">ACCIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reducir la densidad poblacional • Aumentar el espacio de aire • Aumentar la tasa de ventilación • Aumentar el movimiento y velocidad del aire alrededor de los animales; sin tabiques sólidos • Colocar un piso sólido • Proveer áreas con sombra • Proveer aspersores de agua o rociadores; humedecer la cama y los sitios donde se revuelcan • Aislar las paredes y el techo • Suministrar una dieta con alta especificación de nutrientes: más grasa en la dieta

5.9 APETITO

El factor clave que influye sobre el desempeño es el apetito del cerdo o la ingesta voluntaria del alimento (IVA). Esto determina si el animal puede consumir suficiente alimento para satisfacer sus necesidades nutricionales a fin de alcanzar su potencial genético de crecimiento. La ingesta voluntaria del alimento suele expresarse en términos de energía ya que es el nutriente más limitante y se expresa con respecto al peso corporal del animal.

La IVA se define como la cantidad de alimento que consumirá un animal en un ambiente ideal. En el pasado la IVA se medía en cerdos que se mantenían en corrales individuales, pero en la actualidad, con el desarrollo de las estaciones alimentadoras electrónicas, se puede obtener la IVA tanto en forma individual como en grupos de cerdos.

Uno de los principales cambios en la producción porcina en los últimos 20 años ha sido la reducción del potencial de apetito del animal (Figura 6.9 1). La selección genética ha reducido el apetito y esto naturalmente reduce la flexibilidad en la alimentación del cerdo, dejando poco margen para el error.

El apetito de la IVA se ve afectado por diversos factores que se comentan a continuación.

5.9.1 Peso corporal y la edad

Como se dijo anteriormente, entre mayor el peso corporal, mayor la ingesta de alimento del cerdo (Figura 6.9.1). A medida que el animal crece y se desarrolla, se necesita una mayor cantidad de alimento para mantener su masa corporal adicional y promover el crecimiento.

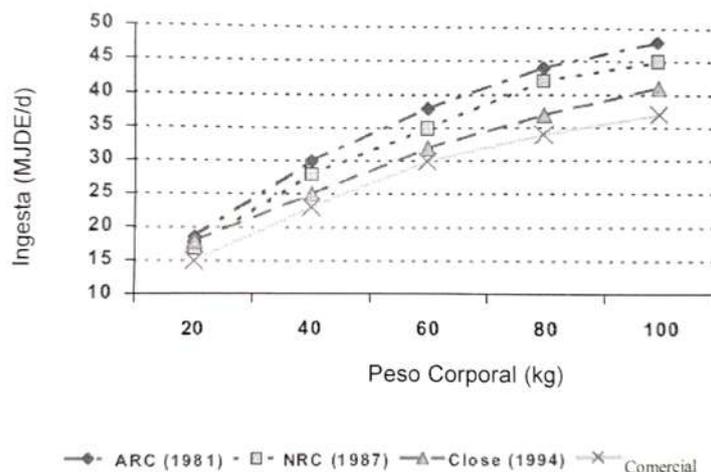


Figura 6.9.1 El efecto del peso corporal sobre el apetito (ingesta de energía) de los cerdos (diversas fuentes)

La pauta sugerida para la ingesta de alimento del cerdo moderno que vive en grupos es: Ingesta de alimento (kg /d) = 3,2 (t-exp- 0,019 W) en donde W es el peso corporal (BSAS , 2003).

Esto sugiere que la ingesta de alimento aumenta desde aproximadamente 1,0 kg / día con un peso corporal de 20 kg, hasta 2,9 kg / día con un peso corporal de 120 kg. Estos son los valores reales consumidos por el animal y no incluyen el derrame de alimentos ni el desperdicio que en algunas unidades puede llegar a ser hasta de 10 %.

Este indicador puede modificarse (más o menos 10 %) para adaptarse a diferentes condiciones de producción o de alojamiento (Tabla 6.9.1)

Tabla 6.9.1 Pautas para la Ingesta de Alimento (kg/día) para cerdos en crecimiento

Peso corporal (kg)	Pauta reducida (-10%)	Pauta	Pauta aumentada (+10%)
20	0,92	1,01	1,11
30	1,26	1,39	1,52
40	1,54	1,70	1,86
50	1,78	1,96	2,15
60	1,97	2,18	2,38
70	1,13	2,35	2,57
80	2,27	2,50	2,73
90	2,38	2,62	2,87
100	2,47	2,72	2,98
110	2,54	2,80	3,07
120	2,60	2,87	3,14

(BSAS, 2003)

Es interesante destacar que desde aproximadamente 60 kg de peso corporal, la tasa de incremento de la ingesta de alimento empieza a disminuir y esto se relaciona con el efecto de colocar los animales en grupos y con otros efectos de la cría, ambientales y de gestión de la granja.

5.9.2 Sexo y Raza

Los cerdos que no se han mejorado genéticamente suelen tener más apetito que los cerdos que se han sometido a selección genética. Igualmente existen diferencias entre razas, siendo las razas tradicionales las que acusan mayor ingesta que las razas modernas que son híbridos genéticos.

5.9.3 Factores Nutricionales

5.9.3.1 Concentración de Energía en la Dieta

Por lo general, entre más alto el contenido energético de la dieta, menor la ingesta voluntaria del alimento, pero mayor la ingesta energética (Figura 6.9.2).

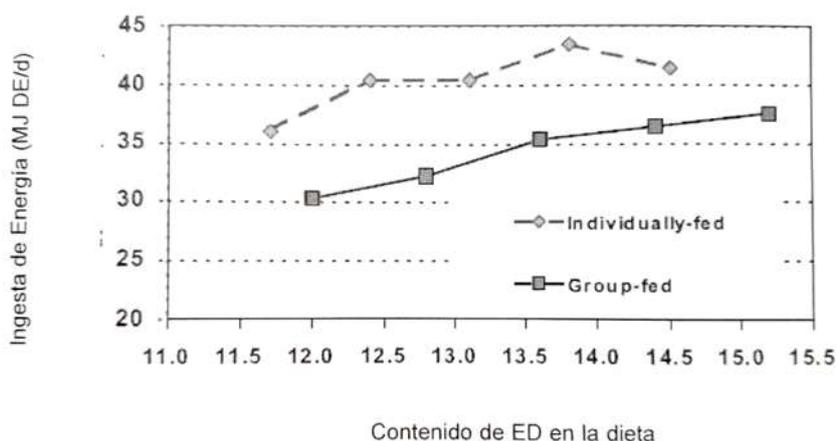


Figura 6.9.2 El efecto del contenido energético de la dieta sobre la ingesta voluntaria del alimento (MJ DE/d) de cerdos en terminación alimentados según apetito, bien sea individualmente (Mullan y Col, 2001) o en grupos (Henman y Col, 1999)

Las dietas de mayor contenido energético suelen tener más grasa y puesto que ésta tiene un menor incremento calórico de la alimentación que los carbohidratos o las proteínas, se produce menos calor metabólico. Los efectos térmicos sobre el animal son entonces menores y en consecuencia puede consumir más energía antes de desarrollar hipertermia.

Por el contrario, si el contenido de fibra de la dieta es demasiado alto, la capacidad física del intestino se convierte en el factor limitante y puede verse reducida la ingesta. Las dietas altas en proteína también pueden reducir la ingesta, especialmente cuando se suministra la proteína en la dieta en exceso, bajo condiciones ambientales de calor.

5.9.3.2 Componentes de la Dieta y Suministro de Alimento

El tipo y la cantidad de los ingredientes crudos suministrados en la dieta son importante. Los materiales que tienen propiedades anti - nutricionales (AANS) carecen de sabor o acusan un olor desagradable no siendo bien tolerados por el cerdo. En realidad, una forma de promover una mayor ingesta de alimento es agregarle un endulzante o saborizante a la dieta. El alimento mohoso, rancio o sucio no es bien aceptado por los cerdos (Sección 6.6.4).

Como se comentó en la Sección 6.6, el alimento líquido fomenta una mayor ingesta que los comprimidos (pellets), que a su vez producen mayor ingesta que el concentrado. Si la calidad del comprimido es deficiente o el tamaño de partículas no es el adecuado, entonces puede reducirse la ingesta. Los alimentadores de un solo espacio logran mayor ingesta que los comederos o las tolvas y hay un desperdicio considerable si los cerdos son alimentados en el piso (Sección 6,6).

5.9.4 Condiciones Ambientales y de Alojamiento

Las condiciones ambientales y del alojamiento bajo las cuales viven los cerdos tienen un marcado impacto sobre su ingesta voluntaria. Bajo condiciones de frío, el animal consume más alimento a fin de mantenerse caliente y conservar la temperatura corporal. Por otra parte, bajo condiciones de calor, consume menos alimento a fin de generar tanto como para aumentar la temperatura y producir hipertermia. La IVA tiene de bajar en forma lineal a medida que se eleva la temperatura ambiental.

La relación entre la IVA o la ingesta de energía, la temperatura ambiental y el peso corporal se ha definido como: $EM \text{ (MJ / día)} = 9,61 + 0,52 W + 0,075 T - (0,012 T \times W)$ en donde W es el peso corporal en kg y T es la temperatura ambiental en °C.

La Figura 6.9.3 se obtuvo a partir de la ecuación anterior y muestra que la reducción en la ingesta de energía es 0,17,0,65 y 1,13 MJ EM/día por 1°C que disminuya la temperatura con un peso corporal de 20, 60 y 100 kg, respectivamente. Suponiendo un contenido de EM en la dieta de 13.0 MJ/kg, estas cifras representan reducciones de 13, 50 y 87 g/día por 1°C a 20, 60 y 100 kg de peso corporal respectivamente.

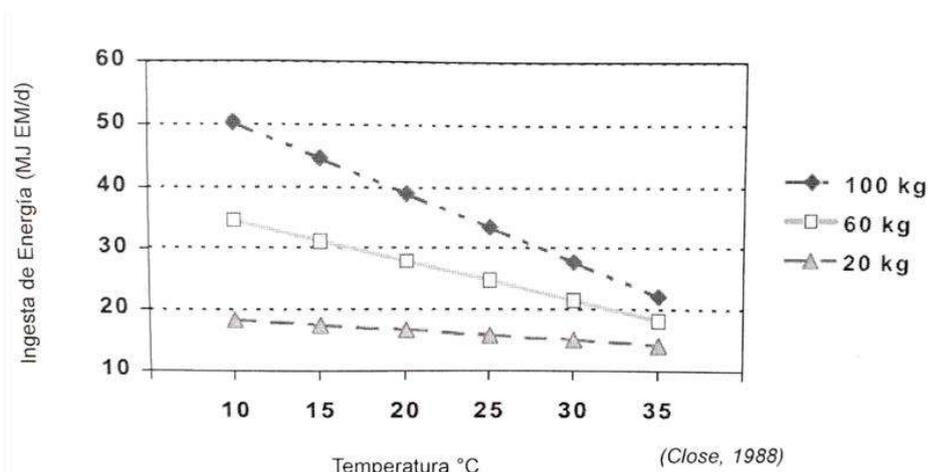


Figura 6.9.3 Predicción del Efecto de la Temperatura sobre la ingesta voluntaria de Energía de cerdos de distintos pesos corporales

Otros componentes del ambiente tales como flujo de aire, tasa de ventilación, humedad relativa, tipo del piso y ambiente radiante también influirán sobre la IVA. Dichos efectos se resumen en la Tabla 6.9.2.

Tabla 6.9.2 Ambiente e Ingesta de Alimento (Cerdos de 60 kg)

Cambio de ingesta de energía (MJ EM/ día)		Cambio en la ingesta de alimento * (g/día)
Temperatura (1°C)	0,65	50
Movimiento del aire (10cm/sec)	0,52	40
Humedad relativa (10%)	0,47	36
NH3(10ppm)	0,36	27
Espacio(0,1 m2/cerdo)	0,65	50

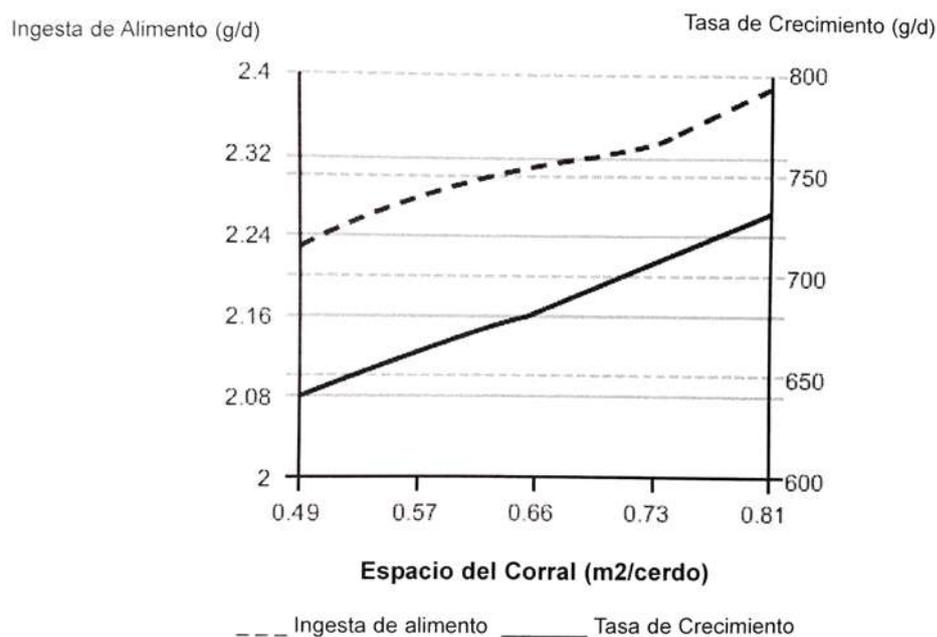
(Close, 1988)

5.9.5 Asignación de Espacio y Densidad Poblacional

Un componente del sistema de la cría de cerdos y de la gestión de la granja porcina que tiene un marcado impacto tanto sobre la ingesta de alimento, como sobre el crecimiento, es la asignación de espacio y la densidad poblacional. Si hay apiñamiento, entonces se reduce la ingesta y sufre la tasa de crecimiento.

En la Figura 6.9.4 se muestra un ejemplo típico del efecto de la asignación del espacio sobre la ingesta voluntaria del alimento y la tasa de crecimiento de los cerdos en crecimiento-terminación.

Figura 6.9.4 Efecto del espacio del corral sobre la ingesta de alimento y la tasa de crecimiento (Powel & Brumm, 1993)



De igual forma, en la Tabla 6.9.3 se muestran los efectos de la asignación de espacio sobre la ingesta voluntaria del alimento y las consecuencias para la tasa de crecimiento y la relación alimento: ganancia.

Tabla 6.9.3 Requerimientos de Espacio para Cerdos y Efectos sobre el Desempeño

Espacio (m ² /cerdo)	0,56	0,74	0,93	1,11
Ensayo 1 (52-115kg)				
Ingesta de alimento, kg/d	2,59	2,67	2,77	
Tasa de crecimiento, kg/d	0,64	0,69	0,72	
Alimento: Ganancia, kg/kg	4,05	3,88	3,83	
Ensayo 2 (54-102kg)				
Ingesta de alimento, kg/d	2,65	2,82	2,91	2,88
Tasa de crecimiento, kg/d	0,71	0,76	0,81	0,81
Alimento: Ganancia, kg/kg	3,77	3,72	3,65	3,56

(NRC, 1993)

5.9.6 Estado de Salud e Inmunológico

Tal vez uno de los mayores impedimentos para que el animal alcance su capacidad genética de crecimiento es el mal estado de salud, como se comenta en la Sección 6.10.

5.9.7 Conclusiones Generales

Existe una variación considerable en el apetito entre cerdos. No obstante, es importante reconocer que en los genotipos modernos puede no lograrse el potencial de deposición de proteína y tejido magro en las primeras etapas de crecimiento en virtud de que el animal no

puede comer lo suficiente, en particular, inmediatamente después del destete. El apetito del cerdo joven puede ser inadecuado para alcanzar su potencial genético. Por lo tanto, es necesario desarrollar dietas, estrategias y sistemas de gestión y de cría que aumenten la IVA y ayuden al animal joven a desarrollar su potencial de crecimiento al máximo.

Por otra parte, al llegar a pesos pesados, los cerdos en terminación pueden comer demasiado, especialmente cuando se mantienen en grupos pequeños y hay un exceso de espacio del comedero. El apetito puede ser muy grande y esto fomentará un exceso de gordura. Puede ser necesario restringir el alimento durante este periodo para reducir el tejido graso en la canal. Lamentablemente, esta acción también reducirá la tasa de crecimiento y aumentará el valor del ICA. Bien sea que haya una reducción en la deposición de proteína y de tejido magro, el crecimiento depende de si la ingesta de nutrientes o el potencial genético del animal son limitantes y esto varía ampliamente entre uno y otro animal. Sin embargo, si la gordura representa un problema, la graduación de la canal sufrirá y habrá una pérdida financiera. Los productores deben adaptar detalladamente su estrategia de alimentación a fin de lograr el equilibrio más rentable entre rápido crecimiento y volumen de ventas.

5.9.8 Salud e Inmunidad

Está fuera del alcance del presente manual considerar todos los factores que influyen sobre el estado de salud del cerdo en crecimiento - terminación. Sin embargo, la salud del animal tiene un marcado efecto sobre su crecimiento y la eficiencia con que utiliza el alimento. Esto se demuestra en la Tabla 6.10.1, la cual ilustra el efecto de la activación baja (estado de salud alto) o alta (estado de salud bajo) del sistema inmunológico, sobre el desempeño del cerdo en crecimiento- terminación, cuando se alimentan con dietas que contienen diferentes niveles de lisina.

Tabla 6.10.1 Efecto de la Activación del Sistema Inmunológico (baja o alta) sobre el Cerdo en Crecimiento Terminación (27-107 kg)

		Contenido de lisina en la dieta (%)				
		0,45	0,60	0,75	0,90	1,05
Ingesta de alimento, kg/d	Baja	2,50	2,73	2,63	2,68	2,77
	Alta	2,11	2,50	2,56	2,39	2,36
Tasa de crecimiento, kg/d	Baja	0,66	0,89	0,95	0,93	0,96
	Alta	0,55	0,79	0,78	0,75	0,70
Alimento: Ganancia, kg/kg	Baja	3,97	3,07	2,77	2,88	2,89
	Alta	3,84	3,16	3,28	3,19	3,37

Profundidad de la 10ª costilla, cm	Baja	3,84	3,37	2,52	2,48	2,79
	Alta	3,45	3,56	2,92	2,97	3,05

Williams y Col, 1997

Sobre el rango del contenido de lisina en la dieta de 0,60 a 1.05 (el cual abarca niveles que normalmente se administran durante el periodo de crecimiento - terminación) el efecto de una elevada activación inmunológica fue el siguiente:

- Se redujo la ingesta de alimento de 2,70 a 2,45 kg/día, es decir, -9,3 %
- La tasa de crecimiento bajó de 0,93 a 0,76 kg/día, es decir, -18,3 %
- La relación Alimento: Ganancia Feed: aumentó de 2,90 a 3,25 kg/kg, es decir, +12,1%
- La profundidad de la 10ª Costilla aumento de 2,79 a 3,11 cm, es decir, + 11,5 %

Igualmente, hubo una reducción del área del músculo dorsal largo y del contenido estimado de músculo en la canal.

A fin de mejorar el estado inmunológico del cerdo, es importante:

- Lograr un lechón de mejor calidad en el momento del destete y de transferirlo a los corrales de crecimiento.
- Minimizar el estrés
- Poner en práctica un programa adecuado de salud y vacunación
- Prestar especial atención a todos los aspectos ambientales
- Desplegar buenas destrezas de gestión, cría y cuidado de los animales
- Ofrecer la dieta apropiada para la edad/peso de los cerdos
- No sobrecargar el sistema digestivo
- Establecer una microflora intestinal sana
- Suministrar ingredientes del alimento que sean pro-activos y fortalezcan el sistema inmunológico.

Un concepto que se está aplicando para fortalecer la inmunidad y mantener una adecuada población de microflora en el intestino es el de administrar manano-oligosacáridos (MOS) en la dieta y, en particular, Bio-Mos. Los resultados de seis estudios que se resumen en la Tabla 6.10.2 muestran que cuando se agregó Bio-Mos: o Aumentó la ingesta de alimento en 2,9 %.

- Aumentó la tasa de crecimiento en 3,4 %
- La relación Alimento: Ganancia mejoró en 0,5 %

El uso de tales productos biotecnológicos puede entonces ayudar a contrarrestar algunos de los efectos de un sistema inmune comprometido y aportar beneficios para el crecimiento y el desempeño.

Tabla 12 El Efecto de Agregar Bio-Mos® a la dieta de los cerdos en crecimiento- terminación (Resultados de 6 estudios)

Bio-Mos® -+++-							
Estudio	Peso corporal	Ingesta de alimento (kg/d)		Tasa de crecimiento, (g/d)		Alimento: Ganancia (g/g)	
Bio-Mos®		-	+	-	+		
1	25-110	2,21	2,19	804	826	2,75	2,65
2	20-105	1,95	2,16	843	885	2,31	2,46
3	20-80	1,53	1,56	750	770	2,04	2,02
4	35-100	1,91	1,91	847	870	2,25	2,20
5	28-115	2,53	2,57	891	914	2,84	2,81
6	20-110	2,53	2,63	820	861	3,08	3,06
Media		2,11	2,17	826	854	2,55	2,53
	±DE	(±0,39)	(±0,40)	(±47)	(±50)	(±0,40)	(±0,39)

Elaborado por: 64 El Autor (2023)

5.10 MANIPULACIÓN Y TRANSPORTE

5.10.1 Manipulación

La interacción entre los cuidadores y los animales puede limitar o reforzar el bienestar de los animales y la productividad. Algunas conductas rutinarias de los cuidadores pueden hacer que los cerdos se vuelvan temerosos de los humanos. Estos altos niveles de temor producen estrés en el animal y afectan el bienestar y la productividad.

En un estudio realizado en VIAS, Werribee, los cerdos se sometieron a manipulaciones positivas (abrazarlos o acariciarlos), mínimas (ningún contacto) o negativas (vara eléctrica) durante 10 segundos al día por un periodo de 4 semanas y se midió su desempeño (Tabla 6.11.1). Aquellos animales que tuvieron experiencias positivas acusaron el mayor nivel de desempeño. Igualmente, mostraron el nivel más bajo de temor.

Tabla 6.11.1 Efecto de la Manipulación sobre el Desempeño de Cerdos en Crecimiento - Terminación Durante un Período de 4 Semanas

Manipulación	Positiva	Mínima	Negativa
Ingesta de alimento, kg/d	2,87	2,72	3,08
Tasa de crecimiento, kg/d	1,04 ^a	0,98a	0,96a

Alimento: Ganancia, kg/kg	2,75 ^a	2,89 ^{ab}	3,19 ^b
Prueba de miedo	26,0 ^a	31,5 ^a	93 ^b

ab= Los valores con un subíndice difieren significativamente (Boyce y Col., 2001)

5.10.2 Transporte

Es frecuente que los cerdos se transporten largas distancias, no solamente para el matadero, sino también hacia otras instalaciones especiales para las etapas de crecimiento y engorde. La densidad poblacional es crucial cuando se van a transportar los animales en forma segura y en buenas condiciones. No debe ser ni demasiado alta ni demasiado baja. En el matadero la recomendación estándar es de 235 kg de cerdos por m². Se permite un margen de tolerancia del 20 % a fin de que haya comodidad térmica durante el invierno, hasta un máximo de 282 kg / m². Bajo condiciones de calor debe reducirse la cifra estándar.

BIBLIOGRAFIA

- Aires, D., Capdevila, N., & Segundo, M. J. (2005). Ácidos grasos esenciales. *Offarm*, 24(4), 96–102.
- Armas, J. (2022, abril 26). *LOS AMINOÁCIDOS EN LA NUTRICIÓN ANIMAL*. <https://www.procampo.com.ec/index.php/blog/10-nutricion/212-aminoacidos-nutricion-animal>
- Azain, M. (2000). *Fat in Swine Nutrition* (2a ed., p. 95). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420041842.ch6>
- Azain, M., Tomkins, T., Sowinski, J., Arentson, R., & Jewell, D. (1996). Effect of Supplemental Pig Milk Replacer on Litter Performance: Seasonal Variation in Response. *Journal of animal science*, 74, 2195–2202. <https://doi.org/10.2527/1996.7492195x>
- Baeza Gozalo, C., & Palomo Yagüe, A. (2021). Interacción entre nutrición y caudofagia en porcino. *Suis*, 175, 18–22.
- Blavi, L., Solà-Oriol, D., Llonch, P., López-Vergé, S., Martín-Orúe, S. M., & Pérez, J. F. (2021). Management and Feeding Strategies in Early Life to Increase Piglet Performance and Welfare around Weaning: A Review. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 11(2), 302. <https://doi.org/10.3390/ani11020302>
- Bolduan, G., Jung, H., Schnabel, E., & Schneider, R. (1988). *Recent advances in the nutrition of weaner piglets*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Recent-advances-in-the-nutrition-of-weaner-piglets-Bolduan-Jung/7832f39246bc8ac9899f491a5917cd3c9d3c8ac8>
- Brooks, P. H., & Burke, J. (1998). *Behaviour of sows and piglets during lactation*. 299–336.
- Brooks, P., & Tsourgiannis, C. A. (2003). Factors affecting the voluntary feed intake of the weaned pig. *Weaning the Pig: Concepts and Consequences*, 81–116.
- Burgstaller, G. (1995). *Limited use of CCM for finishing pigs*. (Vol. 4).
- Campbell, J. M., Crenshaw, J. D., & Polo, J. (2013). The biological stress of early weaned piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4(1), 19. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-19>
- Choct, M. (1997). Feed Non-Starch Polysaccharides: Chemical Structures and Nutritional Significance. *Feed Milling Int.*, 191.

- Cuartas Cardona, C. A., Naranjo Ramírez, J. F., Tarazona Morales, A. M., & Barahona Rosales, R. (2013). Uso de la energía en bovinos pastoreando sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* y su relación con el desempeño animal. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 8(1), 70–81.
- Deprez, P., Deroose, P., Van den Hende, C., Muylle, E., & Oyaert, W. (1987). Liquid versus dry feeding in weaned piglets: The influence on small intestinal morphology. *Zentralblatt Fur Veterinarmedizin. Reihe B. Journal of Veterinary Medicine. Series B*, 34(4), 254–259. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0450.1987.tb00395.x>
- Dunshea, F. R., Colantoni, C., Howard, K., McCauley, I., Jackson, P., Long, K. A., Lopaticki, S., Nugent, E. A., Simons, J. A., Walker, J., & Hennessy, D. P. (2001). Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. *Journal of Animal Science*, 79(10), 2524–2535. <https://doi.org/10.2527/2001.79102524x>
- Etienne, M., & Jemmali, M. (1982). Effects of Zearalenone (F2) on Estrous Activity and Reproduction in Gilts. *Journal of Animal Science*, 55(1), 1–10. <https://doi.org/10.2527/jas1982.5511>
- FAO. (2000). *MEJORANDO LA NUTRICIÓN A TRAVÉS DE HUERTOS Y GRANJAS FAMILIARES*. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION, FAO. <https://www.fao.org/3/V5290S/v5290s00.htm#TopOfPage>
- Funderburke, D. W., O'Quinn, P. R., Funderburke, C. L., & James, R. L. (2002). *Influence of dietary supplementation with β -1, 4-mannanase on performance of finishing pigs in a commercial system*. (p. 80). *Journal of Animal Science*.
- González, R. M., Figueroa, V. J. L., Vaquera, H. H., Sánchez-Torres, M. T., Ortega, C. M. E., Cordero, M. L., Copado, B. J. M. F., & Narciso, G. C. (2014). Niveles de proteína para cerdos en fase starter: Un meta-análisis. *Archivos de Zootecnia*, 63(242), 315–325. <https://doi.org/10.4321/S0004-05922014000200010>
- Grieshop, C. M., Smiricky, M. R., Albin, D. M., Wubben, J. E., Gabert, V. M., & Fahey, G. C., Jr. (2002). The influence of soy oligosaccharides on apparent and true ileal amino acid digestibilities and fecal consistency in growing pigs. *Journal of Animal Science*, 80(9), 2433–2441. <https://doi.org/10.1093/ansci/80.9.2433>
- Hammerum, A. M., Heuer, O. E., Emborg, H.-D., Bagger-Skjøt, L., Jensen, V. F., Rogues, A.-M., Skov, R. L., Agersø, Y., Brandt, C. T., Seyfarth, A. M., Muller, A., Hovgaard, K.,

- Ajufo, J., Bager, F., Aarestrup, F. M., Frimodt-Møller, N., Wegener, H. C., & Monnet, D. L. (2007). Danish Integrated Antimicrobial Resistance Monitoring and Research Program. *Emerging Infectious Diseases*, 13(11), 1633–1639. <https://doi.org/10.3201/eid1311.070421>
- Henman, D. A. V. I. D. (2001). *Organic mineral supplements in pig nutrition: Performance and meat quality, reproduction and environmental responses*. In *Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries, Proceedings of the 17th Annual Symposium*. (pp. 297-304).
- Hurtado-Nery, V. L., de Ribeiro Nobre-Soares, & Sant'Anna-Lyra, M. (2012, junio). *Efecto de los niveles de lisina digestible sobre el rendimiento de cerdos en crecimiento de 45 a 70 kg de peso alimentados con raciones conteniendo subproductos de arroz*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092012000100005
- Ingredients. (2022, mayo 30). *Fuentes de proteína en la Nutrición Animal: Usos y tendencias*. <https://www.brfindredients.com/es/blog/posts/fuentes-proteina-nutricion-animal-usos-tendencias/>
- Ionita, E. (2022, septiembre 13). *Grasa animal en la nutrición porcina*. Veterinaria Digital - Avicultura, Porcicultura, Rumiantes y Acuicultura. <http://https%253A%252F%252Fwww.veterinariadigital.com%252Farticulos%252Fgrasa-animal-en-la-nutricion-porcina%252F>
- J. Noblet, B. Seve, & G. Tran. (2004). *Valoración energética y protéica de alimentos para porcino: Propuesta francesa | PortalVeterinaria*. https://fedna.biolucas.com/wp-content/uploads/2022/02/04CAP_4.pdf
- Larsen, R. E. (1979). *Studies of Semen Parameters During Pseudorabies Infection in the Boar*. University of Minnesota.
- Long, G. G., & Diekmann, M. A. (1986). Characterization of effects of zearalenone in swine during early pregnancy. *American Journal of Veterinary Research*, 47(1), 184–187.
- Louis, G. F., Lewis, A. J., Weldon, W. C., Miller, P. S., Kittok, R. J., & Stroup, W. W. (1994). The effect of protein intake on boar libido, semen characteristics, and plasma hormone concentrations. *Journal of Animal Science*, 72(8), 2038–2050. <https://doi.org/10.2527/1994.7282038x>

- Marcelo, A. R. B., Lazo, D. A. Á., & Quispe, B. F. B. (2019). Evaluación de alternativas alimenticias para cerdos en crecimiento en el Valle. *Avances*, 21(3), 356–366.
- Maribo, H. (2003). *Weaning pigs without antibiotic growth promoters: Strategies to improve health and performance. Nutritional Biotechnology in the feed and food industries*. 19, 179-184.
- Marin-Guzman, J., Mahan, D. C., Chung, Y. K., Pate, J. L., & Pope, W. F. (1997). Effects of dietary selenium and vitamin E on boar performance and tissue responses, semen quality, and subsequent fertilization rates in mature gilts. *Journal of Animal Science*, 75(11), 2994–3003. <https://doi.org/10.2527/1997.75112994x>
- Marotta, E. G., Lagreca de Marotta, L. A., & Tamburini, V. (2009). Requerimientos alimenticios adaptados al porcino moderno y calidad de carne. *Veterinaria Cuyana*, 4, núms. 1–2. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/119173>
- McDonald, P. (1964). *Nutricion animal*. EUNED.
- Mosquera Bayona, N., Garrido-Aldana, Y., Carrascal-Torrado, S., Trillos-Ortiz, A., & Duran-Sanjuán, G. (2022). *ARTICULO METODOLOGIA DE DIAGNOSTICO EN SISTEMAS DE PRODUCCION PORCINO*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27697.45925>
- Muirhead, M. R. (1997). *Managing pig health and the treatment of disease: A reference for the farm* (1st ed.). 5M Enterprises.
- Mullan, B. P., Wilson, R. H., Harris, D., Allen, J. G., Naylor, A., Lyons, T. P., & Jacques, K. A. (2002). *Supplementation of weaner pig diets with zinc oxide or Bioplex zinc*. (ed. TP Lyons and KA Jacques).
- Murcia, V. N., Savio, M., Cora Jofré, F., & Beneitez, A. H. (2021). *Principios básicos de nutrición porcina*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/183923>
- N, V. M. R., S, L. M. P., & R, M. D. R. P. (2017). Los residuos orgánicos como alternativa para la alimentación en porcinos. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(2), Article 2. <https://doi.org/10.22267/rcia.173402.76>
- Nogueira, E., Kutschenko, M., Ishikawa, E., Lima, L., & Sá, L. (2016, mayo 2). *Nutrición de aminoácidos para lechones: Una visión de la industria*. Engormix. https://www.engormix.com/porcicultura/aminoacidos-cerdos/nutricion-aminoacidos-lechones-vision_a33276/
- Ojeda, R., & Ganadería, 2022 |. (2022, julio 1). *BALANCEO POR AMINOÁCIDOS SIMPLEMENTE SMART* - Blog.

- <https://www.corpmontana.com/blog/ganaderia/balanceo-por-aminoacidos-simplemente-smart/>
- Omtvedt, I. T., Nelson, R. E., Edwards, R. L., Stephens, D. F., & Turman, E. J. (1971). Influence of heat stress during early, mid and late pregnancy of gilts. *Journal of Animal Science*, 32(2), 312–317. <https://doi.org/10.2527/jas1971.322312x>
- Patience, J. F. (1989). *The physiological basis of electrolytes in animal nutrition*. ([w. Haresign & D. J. A. Cole, editors], pp. 211–228). In *Recent Advances in Animal Nutrition - 1989*.
- Paulino, J. (2016, febrero 12). *Nutrición de los cerdos en crecimiento y finalización: 2 – energía y aminoácidos*. Elsitio Porcino. <https://www.elsitioporcino.com/articles/2684/nutrician-de-los-cerdos-en-crecimiento-y-finalizacian-2-a-energaa-y-aminoacidos/>
- Pettigrew, T. F., & Tropp, L. R. (2000). Does intergroup contact reduce prejudice: Recent meta-analytic findings. En *Reducing prejudice and discrimination* (pp. 93–114). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Pluske, J. R., Williams, I. H., & Aherne, F. X. (1996). Maintenance of villous height and crypt depth in piglets by providing continuous nutrition after weaning. *Animal Science*, 62(1), 131–144. <https://doi.org/10.1017/S1357729800014417>
- Renaudeau, D., Quiniou, N., & Noblet, J. (2001). Effects of exposure to high ambient temperature and dietary protein level on performance of multiparous lactating sows. *Journal of Animal Science*, 79(5). <https://doi.org/10.2527/2001.7951240x>
- Sauber, T. E., Stahly, T. S., & Nonnecke, B. J. (1999). Effect of level of chronic immune system activation on the lactational performance of sows². *Journal of Animal Science*, 77(8), 1985–1993. <https://doi.org/10.2527/1999.7781985x>
- Silva, M. C., Luna, A. M., Kiefer, C., Vidal, G. R., Alencar, S. a. S., & Cambra-Bort, J. M. (2017). Dietas insulina-estimulantes para las hembras porcinas. *Archivos de Zootecnia*, 66(256), 611–617.
- Vasquez, M., & Humberto, H. (2021). *Fibra en la nutrición de cerdos: Una revisión descriptiva*. <http://hdl.handle.net/20.500.12494/41037>
- Vázquez-Carrillo, M. F., Montelongo-Pérez, H. D., González-Ronquillo, M., Castillo-Gallegos, E., Castelán-Ortega, O. A., Vázquez-Carrillo, M. F., Montelongo-Pérez, H. D., González-Ronquillo, M., Castillo-Gallegos, E., & Castelán-Ortega, O. A. (2021).

- Partición de la energía bruta consumida y el aporte de energía metabolizable en bovinos F1. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 8(2). <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2976>
- Wettemann, R. P., & Bazer, F. W. (1985). Influence of environmental temperature on prolificacy of pigs. *Journal of Reproduction and Fertility. Supplement*, 33, 199–208.
- Whiting, T., & Brandt, S. (2002). Minimum space allowance for transportation of swine by road. *The Canadian veterinary journal. La revue vétérinaire canadienne*, 43, 207–212.
- Whittemore, C. T. (1997). An analysis of methods for the utilisation of net energy concepts to improve the accuracy of feed evaluation in diets for pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 68(1), 89–99. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00032-1](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00032-1)

AUTOR
MANUEL PATRICIO PAREDES OROZCO



Profesional graduado de Ingeniero Zootecnista en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias. Magister en Producción Animal de la ESPOCH. Aspirante Doctoral de la Universidad Agraria la Molina Perú, Doctorado en Ciencia Animal. Ha laborado en el sector pecuario en el área de administración de granjas del 2000 al 2014, a partir de entonces vinculado a la docencia y la investigación Universitaria. Docente en la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPAM). Docente en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo -Sede Orellana y Sede Morona Santiago, integrante de comisión de carrera, coordinador de proyecto integrador de la carrera de Zootecnia. Autor de libro y varios artículos científicos en el área Zootécnica, publicados en revistas indexadas y de alto impacto. Productor en el área pecuaria y especialista en cátedras de Producción Animal.



**PUERTO MADERO
EDITORIAL**

ISBN 978-631-6557-27-8



9 786316 557278