

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOMAS DE ZAMORA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



**Alimentación de precisión en etapa de recría
porcina: el nuevo enfoque de la nutrición
inteligente**

Trabajo final de grado de la Tecnicatura en Producción Animal Intensiva

Alumno: Visconti, Mariano Hernán

Directora: Ing. Zoot. (Mg.) Florencia Estefanía Miccoli

Lomas de Zamora, Enero de 2019.

Resumen

La producción porcina se encuentra en constante crecimiento, siendo hoy la carne de mayor consumo a nivel mundial, lo que lleva a mejorar la eficiencia en la producción en todos los sectores de la cadena. Debido al incremento en los costos de alimentación y a la creciente preocupación por la contaminación ambiental, surge una alternativa denominada "alimentación de precisión". La misma se lleva a cabo mediante alimentadores inteligentes comandados por un Software el cual localiza el chip individual que poseen los cerdos al llegar al comedero y realiza la dosificación individual del alimento en base a los requerimientos del propio animal, teniendo en cuenta varios factores como: categoría, peso corporal, ganancia diaria de peso vivo, entre otros. La alimentación con este sistema de dosificación individual logra disminuir el exceso de nutrientes en la dieta, principalmente el fósforo y el nitrógeno, con lo cual se logra reducir el costo de nutrientes "excretados" al mismo tiempo que se reduce la acumulación de los mismos en el ambiente.

Palabras clave: Alimentación de Precisión, chip, dosificación individual, exceso, nitrógeno, fósforo, excreciones, contaminación.

Abstract

Swine production is in constant growth, being the most consumed meat worldwide, which leads to permanently improve production efficiency. In this regard, the term "precision feeding" arises as a result of an increase in feed costs in addition to the growing concern about environment. It is carried out by intelligent feeders commanded by a computer, which detects the individual chip when pigs arrive at the feeder to exactly dose daily ration based on the individual requirements, taking into account several factors such as: category, body weight, daily gain, among others. This feeding system of individual dosage decreases both the excess of nutrients in the diet, mainly phosphorus and nitrogen, then reducing the cost of "excreted" nutrients and the accumulation of these minerals in the environment, as well.

Keywords: Precision feeding, chip, individual dosage, excess, nitrogen, phosphorus, excretions, contamination.

Índice de contenidos:

1. Situación actual de la producción porcina.	5
1.1 Generalidades de la producción porcina.	7
1.2 La alimentación como factor clave.	8
1.3. Objetivos	9
2.1. Alimentación de precisión.	10
2.2. Antecedentes científicos de la alimentación de precisión en la etapa de recría.	13
2.3. Producción e impacto de las excretas.	21
Consideraciones finales	25
Bibliografía	27

Índice de Figuras:

FIGURA 1. Consumo mundial de carne (adaptado de foreign agricultural service, 2017)	6
FIGURA 2. Análisis de costos totales en producción porcina (adaptado de arrieta et al., 2015).	8
figura 3. Prototipo individual de alimentador de precisión (pomar, j. 2014)	10
figura 4. Prototipos de alimentadores de precisión alineados en conjunto para la alimentación de lechones en recría (pomar, 2014).	11
FIGURA 5. Vista trasera de alimentadores de precisión comandados por computadora (udl, 2010).	11
FIGURA 6. Esquema de modelo empírico y mecanístico (adaptado de hauschild et al, 2012).	13
FIGURA 10-Ingesta proteica media semanal de cerdos alimentados de acuerdo con el sistema de alimentación trifásico o diario multifase (adaptado de pomar j, pomar c ; 2010).	16
FIGURA 11-Índice de conversión alimenticia de los dos tratamientos tres fases y precisión (pomar y pomar, c., 2010).	17
FIGURA 12-Proteína corporal y retención de lípidos en cerdos alimentados de acuerdo con un sistema de alimentación multifásico trifásico o diario (adaptado de pomar; et al., (2009)).	17
FIGURA 7. Efecto de la concentración de lisina en la ganancia de peso corporal promedio (kg/d) de cerdos alimentados con distintas concentraciones de lisina en la dieta (%) (adaptado de pomar; et al., 2009).	18
FIGURA 13-Ganancia diaria en base a los tres tipos de alimentación (andretta et al. (2014)).	20
FIGURA 14-Porcentaje de lisina ideal digestible (sid) en base a diferentes periodos (días) y tres maneras de alimentación (adaptado de andretta et al., (2014)).	20

FIGURA 15-Relación entre retención y excreción tanto de nitrógeno como de fosforo (adaptado de andretta et al., 2014).	20
FIGURA 16-Mapa mundial de densidad de cerdos (fao, 2005)	22

Índice de tablas

TABLA 1-Panorama del mercado mundial de la carne 2018 (adaptado de fao, 2018).	5
TABLA 2-Producción diaria de excretas según la categoría del cerdo (landin,2013)	23
TABLA 3-Excreción anual de nutrientes landin, (2013).	23

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1. Situación actual de la producción porcina.

Las perspectivas alimentarias elaboradas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en el año 2018 (Tabla 1), indican que: “Con perspectivas económicas mundiales positivas y abundantes suministros de piensos, se prevé que la producción animal de carne en 2018 aumente a 336 millones de toneladas, en equivalente de peso en canal (...) Todas las principales categorías de carne deberían de contribuir al aumento mundial, principalmente la carne de porcino y aves de corral, seguida de la carne de bovino y, de forma más marginal, la carne de ovino.” (p. 7).

Tabla 1-Panorama del mercado Mundial de la Carne 2018 (Adaptado de FAO, 2018).

	2016	2017	2018	Variación 17/18
	Millones de Toneladas			%
BALANZA MUNDIAL				
Producción	327.1	330.4	336.2	1.7
Carne de Bovino	69.7	70.8	72.1	1.8
Carne de Ave	119.2	120.5	122.5	1.6
Carne de Cerdo	117.8	118.7	121.1	2.0
Carne de Ovino	14.7	14.8	14.9	0.5
Comercio	31.9	32.7	33.3	1.8
Carne de bovino	9.7	10.2	10.6	3.9
Carne de Ave	12.7	13.1	13.3	1.9
Carne de Cerdo	8.3	8.2	8.1	-0,9
Carne de Ovino	0.9	1.0	1.0	1.5
INDICADORES DE OFERTA Y DEMANDA				
Consumo humano per capita:				
Mundo (Kg/año)	43.8	43.6	43.9	0.6
Comercio - cuota de Producción	9.7	9.9	9.9	0.1

Respecto del consumo a nivel mundial, a principios del año 2017 el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) reportó que la carne de cerdo representaba el 40.4% del consumo total de carne, seguido por la carne aviar y el ganado bovino, con 32.4% y 21.8%, respectivamente(Figura 1).

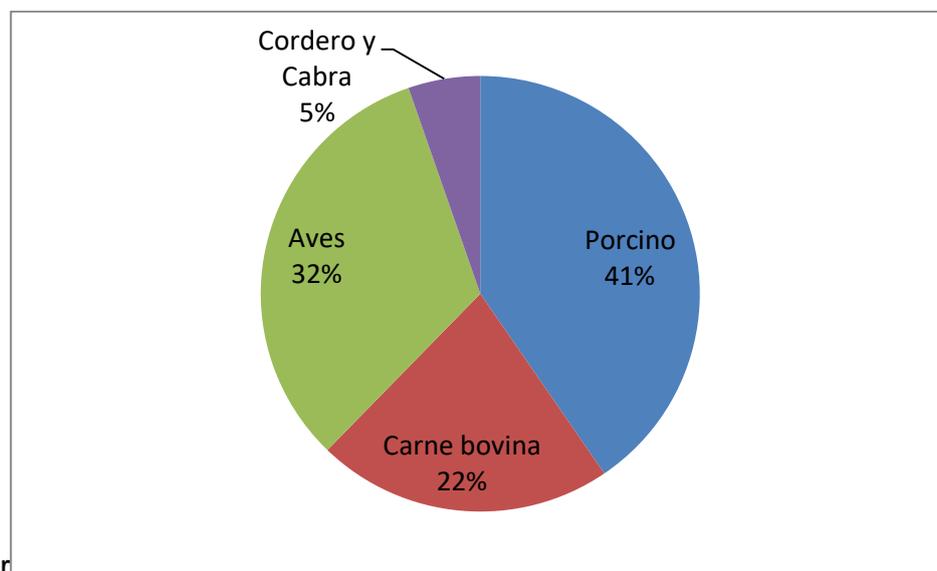


Figura 1. Consumo mundial de carne (Adaptado de Foreign Agricultural Service, 2017)

En tanto en Argentina, las estadísticas del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) muestran que en el organismo se encuentran registradas más de 1000 unidades productivas, que a marzo de 2017 poseen un stock de 5,1 millones de cabezas y un total de 962 mil cerdas (CONINAGRO, 2018). En el país: “La producción de carne de cerdo se duplicó en los últimos siete años, pasando de 280 mil toneladas en 2010 a 565 toneladas estimadas para 2017 (...) Argentina duplicó la producción de carne de cerdo en el transcurso de los últimos 7 años, el crecimiento fue sostenido manteniéndose en orden al 8%. Este incremento se debe en gran parte al aumento de la producción individual por cerda, cifra que acumula una variación cercana al 50% en la última década. Esto permite una mayor eficiencia del sistema productivo y mejor utilización de los recursos, madres, alimento, instalaciones, etc. (CONINAGRO, 2018, p.2).

También según CONINAGRO (Op. Cit.) “el 70% del stock de porcinos se localiza en la región Centro de Argentina: Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos. La ubicación se vincula con la principal zona maicera del país (insumo principal de la producción porcina) y con la histórica localización de los productores porcinos”. p. 3.

En cuanto al consumo de carne porcina, los datos publicados por el Ministerio de Agroindustria (2018) indican que en el año 2017 el consumo promedio de carne porcina fue de 14,05 kg/hab/año.

1.1 Generalidades de la producción porcina.

A nivel mundial, la demanda de carne porcina cada vez es mayor y, de hecho, hay estimaciones de un incremento del 40% en el consumo para los próximos 15 años (FAO, 2015), hay una fuerte demanda de intensificación de la producción, a través de nuevas tecnologías, tanto de productos como de procesos. Una de las variables de mayor impacto sobre el resultado final de eficiencia de producción lo constituye la alimentación siendo que, además, es la variable de mayor incidencia sobre los costos, representando entre 60-65% del costo total (Figura 2). La alimentación también es de fundamental importancia sobre el rendimiento de la res, y la calidad e inocuidad de la carne (Arrieta *et al*, 2015).

En cuanto a los costos de alimentación, la distribución por categorías corresponde al 85 % entre la Recría (entre 21 y 70 días) y el Engorde (Cerdos entre los 30 y 110 kg de Peso vivo), y solo el 13% corresponde a Reproductoras.

La Recría es el sector más desafiante a nivel mundial, debido a factores tales como la inmadurez del tracto digestivo, la transición de una dieta líquida a seca en el destete y las limitaciones en cuanto a la incorporación de determinadas materias primas de origen animal. Por ello, si bien solo representa el 25 % del costo de alimentación de las granjas (60% del costo total; figura 2), tiene un alto impacto en las variables de producción de la siguiente etapa, el engorde (consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión y días para llegar a

peso de mercado). Por estos motivos, la recría será tomada como el sector principal en este trabajo.

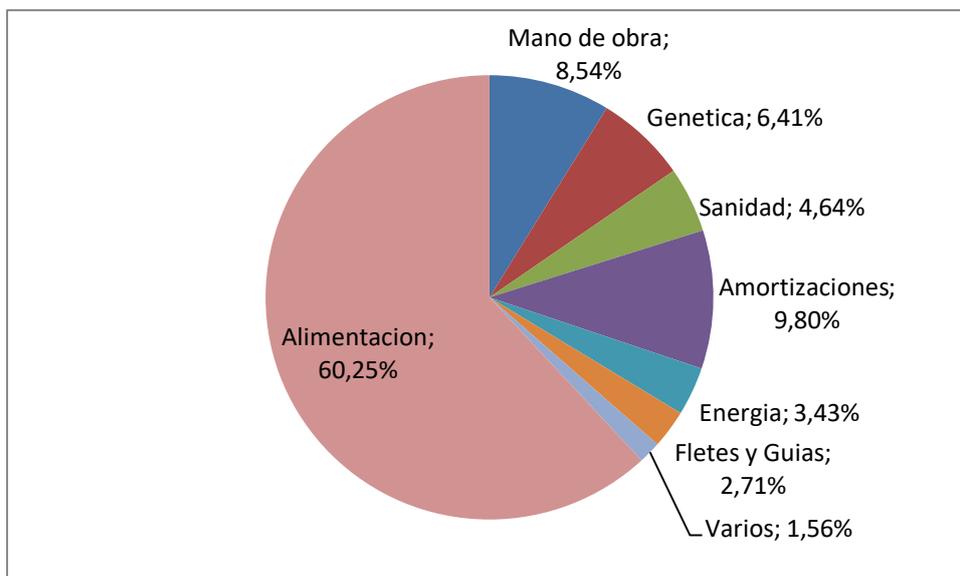


Figura 2. Análisis de costos totales en producción porcina (Adaptado de Arrieta et al., 2015).

1.2 La alimentación como factor clave.

Uno de los factores a considerar para disminuir el costo de alimentación es la determinación de los alimentos que componen la dieta y sus porcentajes de inclusión al momento de formular la ración, la cual deberá aportar todos los nutrientes necesarios para cubrir con precisión las necesidades de los cerdos (NRC, 1998).

Mediante ensayos es posible estimar los requerimientos nutricionales de las distintas categorías en base a su peso vivo y edad, etapa de producción, condiciones ambientales, ganancia de tejido magro, entre otros (Dourmad, 2016).

Distintos estudios han señalado, además, la importancia de ajustar los requerimientos de ciertos minerales como el Nitrógeno y Fosforo con el objetivo de disminuir las excreciones al ambiente (García Miralles, 2013).

De acuerdo con lo mencionado en los párrafos anteriores, surge un concepto muy importante que es la “alimentación de precisión”, la cual contempla la

dosificación de ración diaria en función del individuo y del requerimiento “instantáneo” en lugar de ofrecer el alimento en una cantidad estimada para un promedio de animales de etapa de producción.

Según Vidales (2018, comunicación personal), la precisión en la alimentación porcina contribuye a:

- 1) Aportar los requerimientos nutricionales adecuados para cada categoría de animales que aseguren reses de alto rendimiento y carne de calidad, como así también el mantenimiento de condiciones corporales adecuadas de las cerdas reproductoras a lo largo de su vida productiva.
- 2) Disminuir los costos en la alimentación.
- 3) Asegurar el consumo a través de técnicas precisas de dosificación.
- 4) Reducir el aporte innecesario de diversos componentes en las raciones tales como: compuestos proteicos de bajo valor biológico y/o fósforo y, con ello, disminución de la contaminación ambiental por la menor eliminación de nitrógeno y fósforo por materia fecal.

1.3. Objetivos

En virtud de la relevancia que posee la alimentación en la producción porcina y ante el desarrollo de nuevas tecnologías, el presente trabajo se propuso como objetivos:

- i) Describir la tecnología denominada alimentación de precisión.
- ii) Analizar los antecedentes científicos de dicha tecnología aplicados a la etapa de recría.
- iii) Evaluar la influencia de una alimentación de precisión frente a la producción de excretas.

Dada la naturaleza descriptiva del presente trabajo no se formularon hipótesis.

CAPÍTULO II

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1. Alimentación de precisión.

En el año 2004, el Grupo de investigación de agricultura de precisión (GRAP) de la Universidad de Lleida, España (UDL) y el Dairy & Swine Research and Development Centre, perteneciente al Agriculture and Agrifood Canada (AAFC) firmaron un convenio de colaboración científica para el desarrollo de la porcicultura de precisión a fin de incrementar la competitividad, sostenibilidad y disminuir el impacto medio ambiental. El GRAP, liderado por Jesús Pomar desarrolló sistemas inteligentes robotizados para la implementación de alimentación de precisión, mientras que la AAFC, liderado por Cándido Pomar, realizó avances en nutrición porcina, modelling y su validación en engorde.



Figura 3. Prototipo individual de alimentador de precisión (Pomar, J. 2014)

La Universidad de Lleida desarrolló un prototipo de sistema inteligente de alimentación de precisión, que mejora sustancialmente la eficiencia productiva y el impacto medioambiental (Figura 3-5).

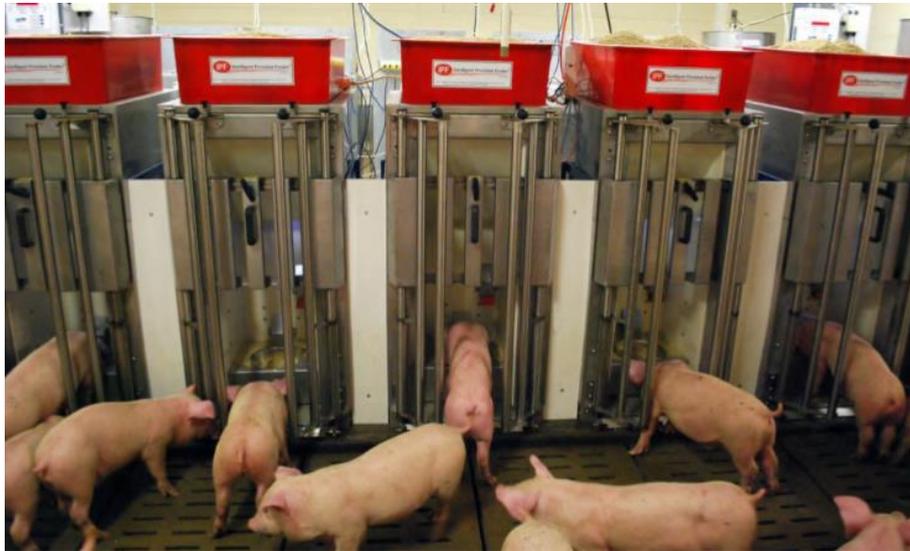


Figura 4. Prototipos de alimentadores de precisión alineados en conjunto para la alimentación de lechones en recría (Pomar, 2014).



Figura 5. Vista trasera de alimentadores de precisión comandados por computadora (UDL, 2010).

El prototipo desarrollado denominado “Intelligent Precision Feeder” (IPF, según sigla en inglés) implementa el nuevo concepto de alimentación y gestión inteligente para granjas de producción porcina. Según Jesús y Candido Pomar (2010): *“Un Sistema Inteligente es en nuestro contexto un sistema que*

controlado por un sistema informático, reúne características y comportamientos asimilables de alguna manera al de la inteligencia humana o animal, captando información de su entorno y modificando su comportamiento para poder adaptarse en cada situación a la manera más óptima, con lo cual se diferencia de cualquier otro sistema no inteligente en donde se actúa de manera ciega o predeterminada. Para obtener un comportamiento inteligente, este sistema requiere sensores los cuales le permitirán captar información de su entorno, un sistema informático para procesar la información de dichos sensores y actuadores para combinar los dichos anteriormente y actuar de la manera más óptima para cada caso”.

El sistema propuesto capta automáticamente, y en tiempo real, información individual del consumo y del peso corporal, la cual se utiliza para estimar la concentración óptima de nutrientes de la dieta que se suministrará cada día a cada cerdo del grupo (Hauschild *et al.*, 2010). Para ello, los comederos automáticos inteligentes de precisión identifican a cada cerdo cuando introduce la cabeza en el comedero y entonces mezcla dos o más alimentos, según los requerimientos del cerdo, en diversas dosis que le proporcionarán la concentración estimada de nutrientes.

Para alimentar a los cerdos en crecimiento de forma individual con dietas adaptadas a diario, en base a sus propios patrones de consumo y crecimiento en tiempo real, fue necesario el desarrollo de nuevos modelos matemáticos (Pomar y Pomar, 2012).

El modelo propuesto incluyó componentes empíricos y mecanísticos (Figura 6):

- El componente empírico estima el consumo diario de alimento (DFI, “daily feed Intake”, según sigla en inglés), el peso corporal (BW, “body weight”) y la ganancia diaria (DG, “daily gain”) en base a la información individual del cerdo tomada en tiempo real.
- El componente mecanístico utiliza ecuaciones factoriales para estimar la concentración óptima de nutrientes en función de las estimaciones de DFI, BW y DG del componente empírico, con lo cual luego realizará la combinación de los distintos alimentos para lograr la ración instantánea

que cumpla con el requerimiento individual al ser suministrada en el comedero.

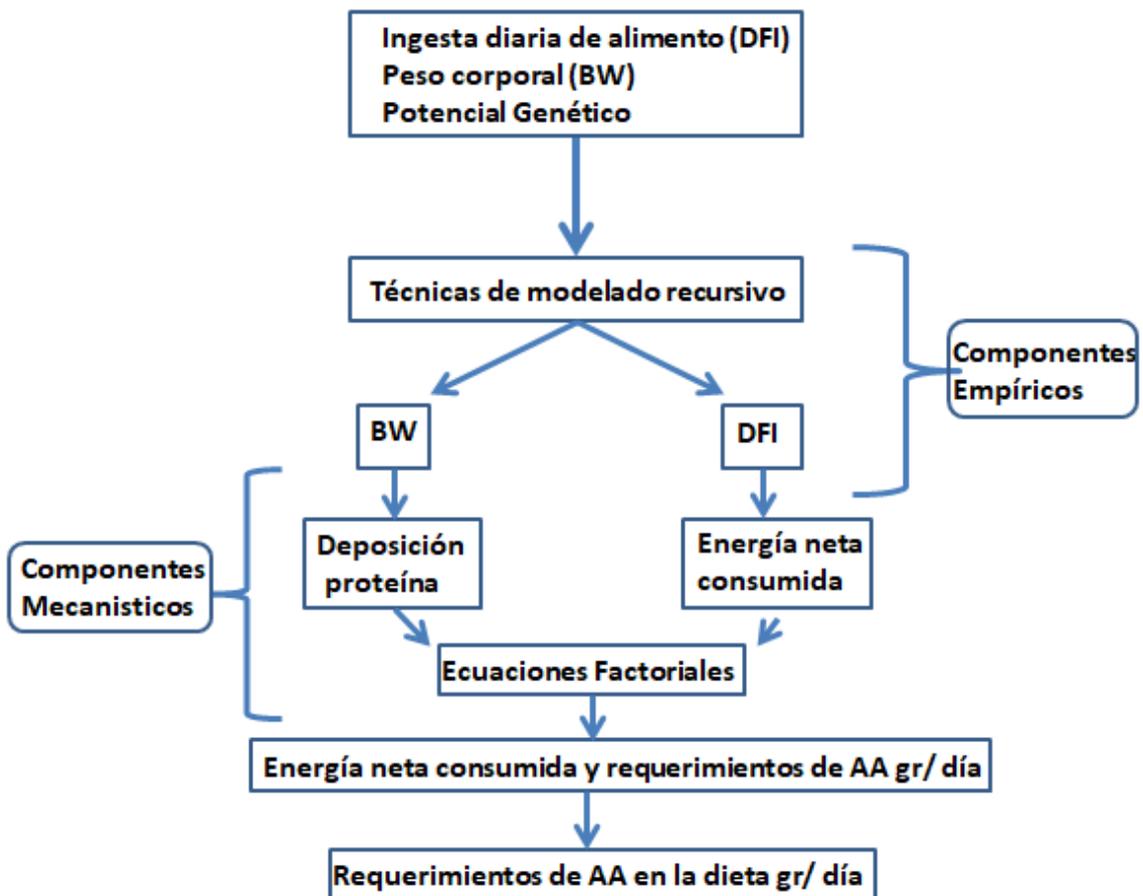


Figura 6. Esquema de modelo Empírico y Mecanístico (Adaptado de Hauschild et al, 2012).

2.2. Antecedentes científicos de la alimentación de precisión en la etapa de cría.

Los programas de alimentación tradicionales proporcionan a todos los animales, y durante largos períodos de tiempo (por ejemplo 30 días), el mismo alimento. Sin embargo, los requerimientos nutricionales de los cerdos cambian durante el crecimiento, en base a cada individuo y así también en poblaciones homogéneas de edad y sexo. Frente a esto, los programas de alimentación convencionales suministran un importante exceso de nutrientes con dietas formuladas para satisfacer las necesidades de los cerdos más exigentes de la categoría (Pomar *et al.*, 2014). Un ejemplo de esto puede verse en la figura 8

donde se muestra el suministro de lisina para un esquema de alimentación trifásico versus uno de alimentación de precisión.

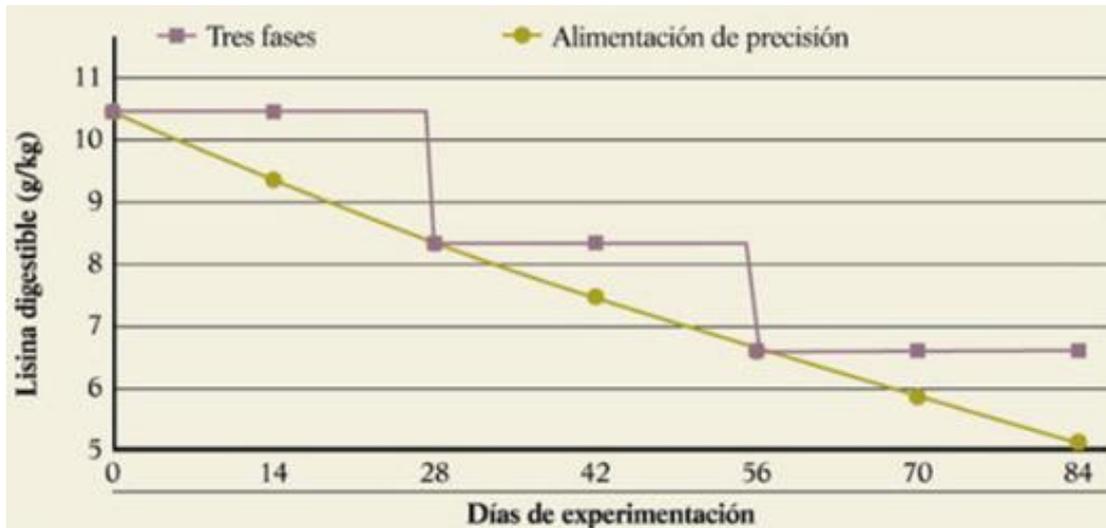


Figura 8. Variación de los niveles de lisina digestible suministrados a los cerdos en los dos tratamientos: alimentación de precisión ó IPF y tradicional ó trifásica (tres alimentos distintos) (Pomar y Pomar, 2010).

Tal como se muestra en la figura 9, los requerimientos de nutrientes dentro de una población porcina varían enormemente, y esta variación se ve afectada por muchos factores, como la variación genética, el manejo y la sanidad, entre otros (Pomar *et al.*, 2009).

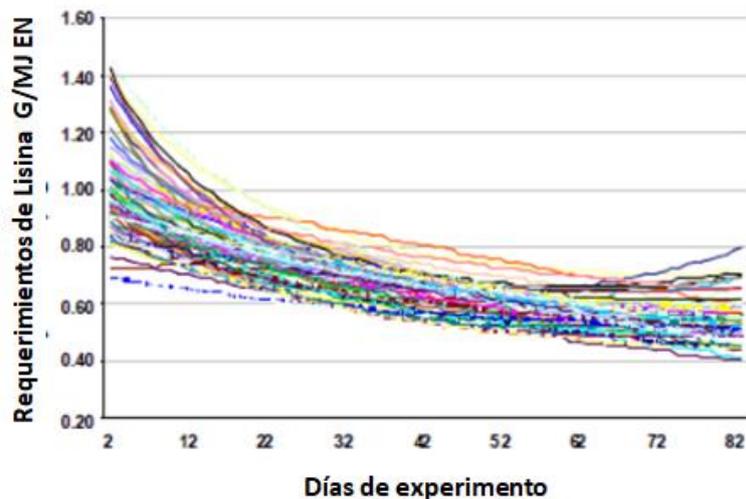


Figura 9. Estimación de los requerimientos individuales de lisina (Energía Neta) en crecimiento y terminación (Adaptado de Pomar C., 2009).

En los comienzos del planteo sobre las bases de la alimentación de precisión, se realizó un ensayo a fin de evaluar el efecto de alimentar a una población de cerdos usando un sistema trifásico (3P) o sistema de alimentación inteligente o multifásico (DP) sobre la ganancia diaria, la composición corporal y la excreción tanto de nitrógeno (N) como de fosforo (P). Se utilizaron ocho corrales con 10 cerdos cada uno (Pomar *et al.*, 2009). Dos pre-mezclas se formularon con un algoritmo de formulación modificado (Pomar C *et al.*, 2006) y se mezclaron para los dos grupos de alimentación utilizando un sistema de alimentación automático desarrollado especialmente para el proyecto (Performixx Robotic Inc., Coaticook, QC, Canadá).

Los cerdos 3P recibieron la misma mezcla en la misma fase de alimentación, cada una de las cuales duró 28 días, mientras que los cerdos DP recibieron una mezcla ajustada diariamente durante los 84 días del experimento.

Los cerdos DP tendieron a consumir más alimento (3,7%) que los cerdos 3P, pero solo durante la primera fase de alimentación. Los cerdos DP consumieron 7,3% menos de proteína (Figura 10) pero una cantidad similar de P total durante todo el período de crecimiento. A su vez, tendieron a ganar más peso (2,4%) que los cerdos 3P, principalmente debido a un crecimiento más rápido durante el primer período de alimentación.

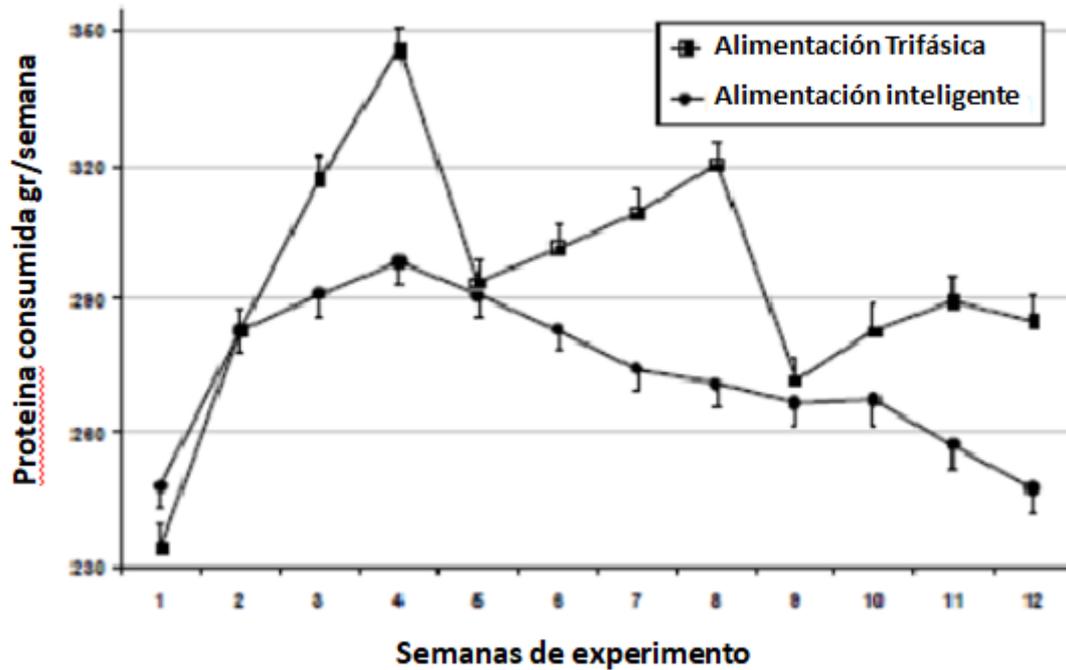


Figura 7. Ingesta proteica media semanal de cerdos alimentados de acuerdo con el sistema de alimentación trifásico o diario multifase (Adaptado de Pomar J, Pomar C ; 2010).

Los tratamientos tuvieron un índice de conversión similar para todas las fases de engorde, como se muestra en la figura 11. También la ganancia de peso fue similar en los dos tratamientos, lo cual podría indicar que con la alimentación de precisión es posible aumentar la eficiencia de conversión y disminuir la contaminación de nitrógeno sin afectar el crecimiento. (Pomar J y Pomar C 2010)

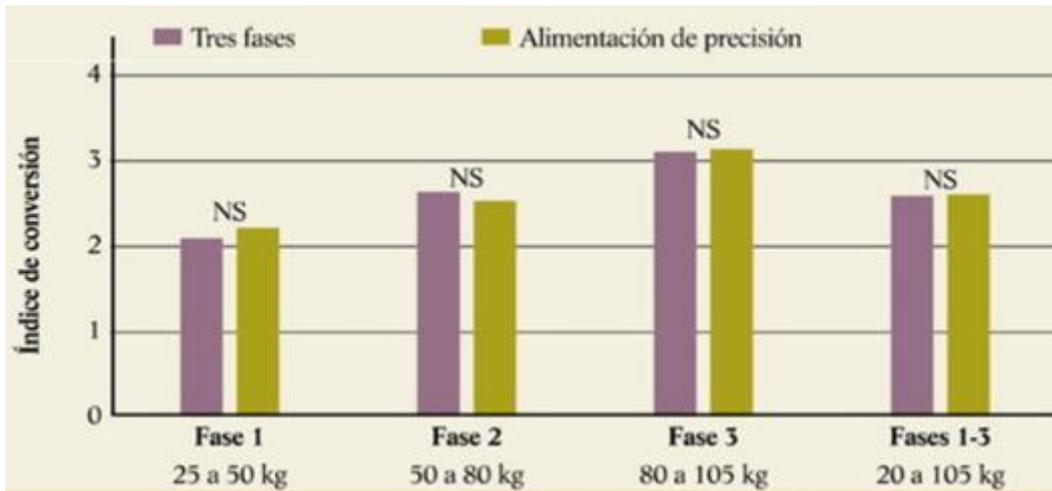


Figura 8. Índice de conversión alimenticia de los dos tratamientos tres fases y precisión (Pomar y Pomar, C.,2010).

Al final del estudio, la masa proteica total del cuerpo de los dos grupos de cerdos fue similar, pero los cerdos DP tenían un 8% más de lípidos corporales que los cerdos 3P (Figura 12). La alimentación de precisión o multifásica redujo la excreción de N en un 12%, mientras que la excreción de P se redujo en menos del 2%.

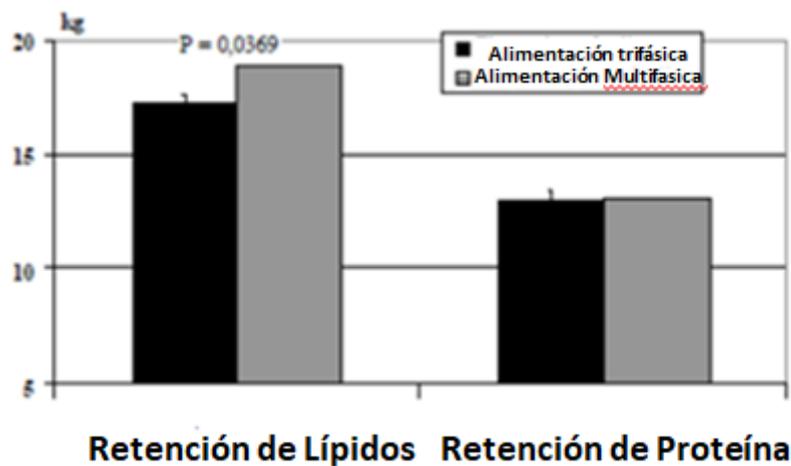


Figura 9. Proteína corporal y retención de lípidos en cerdos alimentados de acuerdo con un sistema de alimentación multifásico trifásico o diario (Adaptado de Pomar *et al* 2009).

En un trabajo realizado por Zhang y colaboradores, que fue tomado por Pomar et al., (2009) para describir aspectos de la IPF en recría, publicado luego por el primer autor en 2012, se plantearon como objetivo principal, calibrar el componente mecanístico de un modelo matemático, el cual estima en tiempo real los requerimientos individuales de lisina en dos categorías de cerdos. Las categorías estudiadas fueron cerdos de recría entre 25-55 kg PV y cerdos de terminación entre 70-100 kg PV. Se tomaron 60 cerdos por categoría, los cuales eran alojados todos juntos pero alimentados individualmente, con 6 niveles diferentes de lisina con 10 cerdos por tratamiento: 110%, 100%, 90%, 80%, 70%, 60%. Dichos niveles de lisina se alcanzaban con la mezcla de 4 alimentos para formular la dieta necesaria del individuo a alimentarlos *ad libitum*. La concentración óptima de lisina en la dieta se calculó diariamente sobre la base de la ingesta de alimento esperada y la ganancia de peso corporal utilizando modelos de población adaptados. Cada día, el IPF analizó los datos de consumo y crecimiento, y estimó el consumo de alimento esperado, el peso corporal y ganancia diaria.

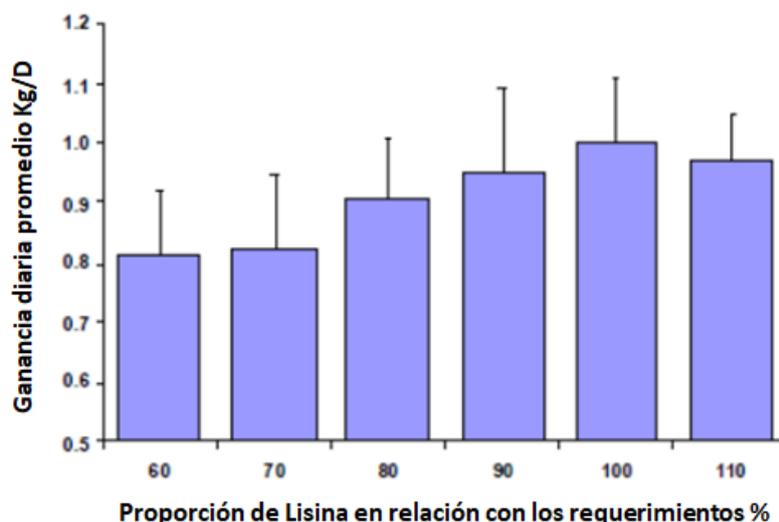


Figura 10. Efecto de la concentración de lisina en la ganancia de peso corporal promedio (Kg/d) de cerdos alimentados con distintas concentraciones de lisina en la dieta (%) (Adaptado de Pomar et al., 2009).

Los resultados indicaron que el método utilizado para estimar los requerimientos diarios de lisina fue correcto, dado que la ganancia diaria promedio de los cerdos aumentó linealmente entre 60 y 110% de los

requerimientos, pero se presentó una meseta después del nivel de 100% de lisina (Figura 7). Además, el consumo de alimento no difirió entre los tratamientos ($P > 0.05$) (Pomar *et al.*, 2009). Por otro lado, los costos de alimentación y la excreción de nutrientes se redujeron proporcionalmente en base al aumento del nivel de lisina suministrado.

De acuerdo con estos antecedentes, el IPF reduciría significativamente la cantidad de nutrientes proporcionados a un lote de producción de cerdos sin afectar significativamente el rendimiento del crecimiento.

Andretta *et al.* (2014) evaluaron el impacto de pasar de los sistemas de alimentación convencionales a los de precisión en cerdos en crecimiento y terminación evaluando el rendimiento animal, la utilización de nutrientes y la composición del cuerpo y media res. Se definieron 4 tratamientos con 15 animales por tratamiento de 41.2 ± 0.5 kg. Los tratamientos fueron: un programa de alimentación trifásico (3P) obtenido mezclando proporciones fijas de alimentos A con alta densidad de nutrientes y B con baja densidad de nutrientes; un programa de alimentación comercial trifásico (COM); y 2 programas de alimentación de precisión en los que las proporciones combinadas de los alimentos A y B se ajustaron diariamente para satisfacer los requerimientos nutricionales estimados del grupo (alimentación en grupos de fases múltiples, MPG) o de cada cerdo individualmente (alimentación individual multifase, MPI).

El consumo de alimento se registró cada día y los cerdos se pesaron semanalmente. La composición corporal se evaluó al comienzo de la prueba y cada 28 días mediante densitometría de rayos X. La excreción de N y P se estimó como la diferencia entre la ingesta y la retención. Se tomaron medidas de órganos y cortes primarios después del sacrificio. El programa de alimentación COM tuvo una menor ganancia en relación con otros tratamientos ($P < 0.05$). Los programas MPG y MPI mostraron valores para ganancia de peso y retención de N y P similares a los obtenidos para el programa de alimentación 3P (Figura 13), y adicionalmente redujo la ingesta de lisina digestible ideal estandarizada en un 27% en comparación con el tratamiento 3P (Figura 14).

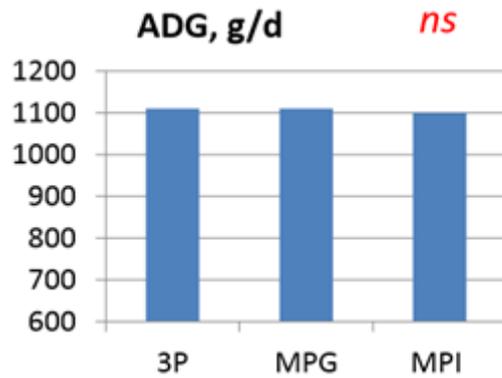


Figura 11. Ganancia diaria de peso vivo para los tres tipos de alimentación (Andretta et al., 2014).

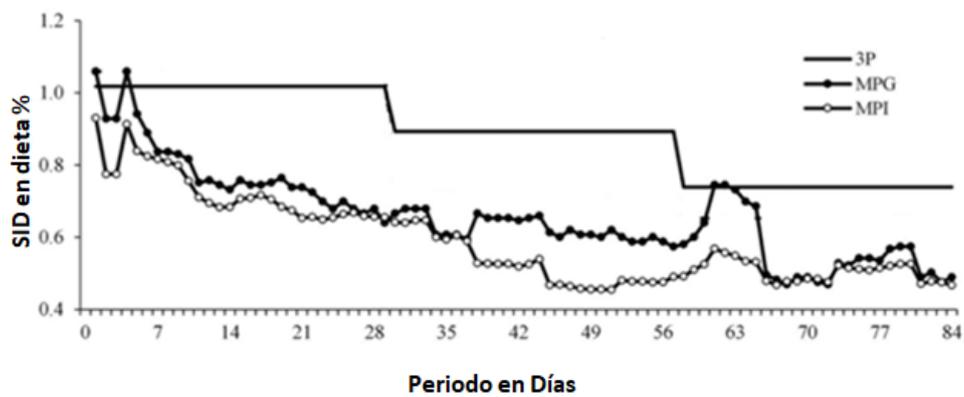


Figura 12. Porcentaje de lisina ideal digestible (SID) en base a diferentes periodos (días) y tres maneras de alimentación (Adaptado de Andretta et al., (2014)).

También se observó la disminución en cuanto a la excreción de nitrógeno estimada en un 22% y la excreción de fósforo estimada en un 27% (Figura 15).

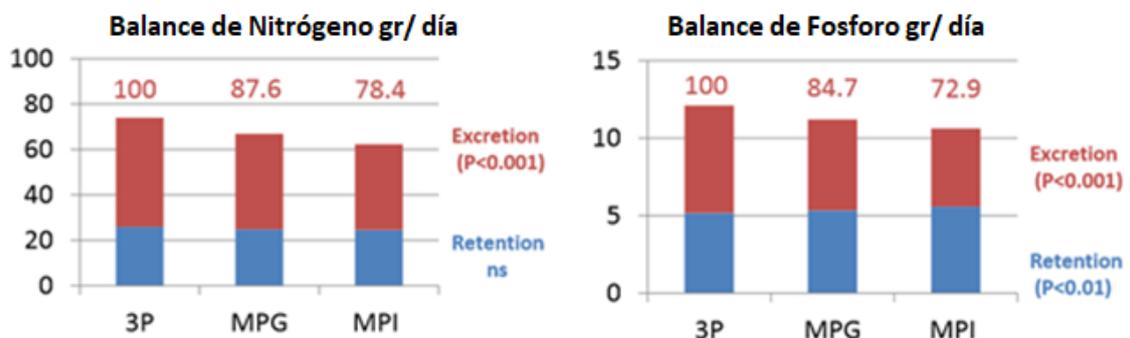


Figura 13. Relación entre retención y excreción tanto de nitrógeno como de fósforo (Adaptado de Andretta et al., 2014).

Finalmente, en cuanto a rendimiento y composición de la res no hallaron diferencias entre alimentación tradicional o sistema de precisión.

Más recientemente, Sousa dos Santos et al., (2018) evaluaron el crecimiento, el consumo y balance de nutrientes, en dos sistemas de alimentación, de alimentación (IPF) versus el de dos fases para dos condiciones de temperatura (30°C y 23°C).

Observaron que los cerdos criados con altas temperaturas presentaron una disminución en el tiempo de alimentación y el consumo total respecto de los criados en termoneutralidad o 23°C. Y respecto de los sistemas de alimentación, el consumo fue menor en los cerdos con alimentación IPF en un 19% de lisina, 16% de proteína y 14% de fósforo sin influir en la condición corporal. Por otro lado, la retención de nitrógeno fue cercana entre ambos tratamientos al final de los mismos, aunque cabe destacar que la excreción de nitrógeno fue menor en un 24% en el tratamiento con IPF, logrando una concentración sérica de urea un 28% más bajo que la alimentación de dos fases.

2.3. Producción e impacto de las excretas.

La contaminación generada por una granja porcina mediante la excreción de los gases producidos por los compuestos de la dieta como por ejemplo amoníaco, sulfuro de hidrógeno y metano, afectan a la granja misma y al medio ambiente en general, representando riesgos directos a la salud del personal y de los cerdos.

De acuerdo con Landin (2013) el amoníaco proveniente de las excretas, orina (85%) y heces (15%) disminuye la ganancia diaria en aproximadamente un 30%. Sumado a esto, la producción de dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) contribuye al conocido efecto invernadero, aunque en mucha menor cantidad que los producidos por los rumiantes. Sin embargo, el principal problema ocasionado por las excretas es la contaminación química debida a la excreción de grandes cantidades de nitrógeno (en forma de nitratos), fósforo y potasio.

Se estima que bajo condiciones de producción, la excreción del fósforo en una cerda es alrededor del 75% y en lechones destetados el 38%, siendo la fecal la principal vía de excreción. En cambio, la proporción excretada de nitrógeno para las mismas categorías de animales fue de 76% y 46% respectivamente siendo la urinaria la principal vía de excreción (Landin, 2013).

Hay que tener en cuenta que el fósforo es un elemento con un gran impacto ambiental en sistemas intensivos concentrados en determinadas zonas geográficas (Figura 16). Este nutriente alcanza ecosistemas acuáticos desequilibrando las concentraciones normales y produciendo una posterior eutrofización de los mismos (Pie Orpi 2017).

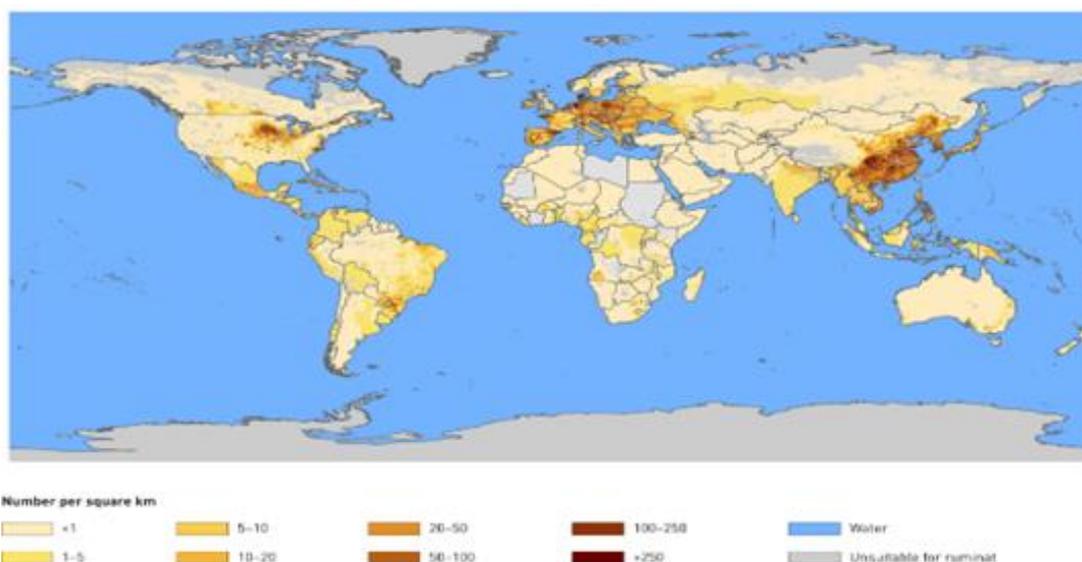


Figura 14. Mapa mundial de densidad de cerdos (FAO, 2005)

En la etapa de engorde las excretas producidas diariamente son directamente proporcionales al peso vivo del individuo siendo aproximadamente un 10% (Gadd, 1973). Espejo (1992) estimó una producción de excretas de entre 4 y 5 kg por cada 70 kg de peso vivo, un valor por debajo del 10%.

Mediante la siguiente tabla se pueden observar datos del volumen diario de excretas producidas en base a la categoría de cerdo (Landin 2013).

Tabla 2. Producción diaria de excretas según la categoría del cerdo (Landin,2013)

Etapa	Estiercol Kg/día	Est. + orina Kg/día	Volumen 1/día	Volumen m3/anim/mes
25/100 Kg	2,3	4,9	7.0	0,25
Hembra	3,6	11.0	16.0	0,48
H. Lactación	6,4	18.0	27.0	0,81
Semental	3	6.0	9.0	0,28
Lechón	0,35	0,95	1,4	0,05
Promedio	2,35	5,8	8,6	0,27

Sweeten (2013) estima la cantidad anual producida por unidad cerda que representa 13 toneladas de excretas por año, con un 10% de materia seca. Sin embargo, hay que remarcar que esta cantidad varía de acuerdo con tres factores: instalaciones y equipos, animal y alimento (Dourmand, 2013). La cantidad retenida depende, a su vez, de la composición del alimento y de la capacidad del animal de fijar los diferentes nutrientes, lo que determina la composición química y el poder contaminante de las posteriores excretas.

Tabla 3. Excreción anual de nutrientes Landin, (2013).

Animal	N Kg/año	P Kg/año	K Kg/año
Lechón	2,6	0,9	1,7
Crecimiento	5	1,6	3,2
Engorde	11,3	3,7	7,3
Finalización	15.0	5.0	10.0
H. Gestante	10,4	3,5	6,8
H. Lactante	38,1	12,7	24,9
Semental	12,7	4,3	8,6

Es necesario estimar los requerimientos con la máxima precisión posible, teniendo en cuenta que varían según la edad y el estado fisiológico del animal entre otras cosas. Una práctica que ha sido y es aplicada en casi todas las explotaciones porcinas como lo hemos mencionado a lo largo de este trabajo, es la alimentación por fases, que permite ajustar los niveles de nutrientes de la dieta según la variación de los requerimientos de los animales. Esto también permite disminuir la excreción de nitrógeno y fósforo, debido a que la capacidad de retención de estos elementos disminuye con la edad del animal (Pie Orpi 2017). Sin embargo, utilizando el sistema de alimentación de precisión nos

permite ajustar aún más las cantidades de nutrientes suministrados a los individuos en base a sus requerimientos instantáneos, lo que nos lleva a lograr una menor excreción de los mismos disminuyendo así la contaminación hacia el medio ambiente.

CAPÍTULO III

Consideraciones finales

La producción porcina ha experimentado un notable crecimiento en los últimos años, esta tendencia continua, no solo a nivel mundial sino en nuestro país también.

Uno de los factores fundamentales para que puedan incrementarse las toneladas de carne producidas lo constituye la nutrición y alimentación de los cerdos que, a su vez, no solo impactaran sobre los kg totales obtenidos sino sobre la calidad del producto final para un público cada vez más demandante: los consumidores actuales.

Por supuesto, que debe considerarse además la incidencia que tiene el costo de alimentación sobre los costos totales, de modo de que resulte lo más eficiente posible, es decir, aumentar los kg ganados a igual o menor costo de alimento.

La alimentación debe cubrir los requerimientos de cada etapa, potenciando la capacidad de conversión de los animales sin excederse en determinados nutrientes como N y P, por ejemplo, que representan perdidas y contaminación al ambiente, más allá del costo extra a la dieta.

Por este motivo, el nuevo concepto de nutrición en cerdos adoptado a partir de 2004 como el desarrollo de la “Alimentación de precisión”, incorpora ese término de modo de ajustar la cantidad de nutrientes al individuo y a la etapa instantánea para cubrir el requerimiento real.

En base a lo visto en los trabajos detallados en los puntos anteriores, se puede ver una disminución del consumo de nitrógeno, de aproximadamente el 25% y también del consumo de Fosforo del 29%, comparando el sistema de alimentación inteligente con el de tres fases, siendo estos un componente de alto costo en la dieta, llegando a lograr mediante el sistema de alimentación inteligente una disminución del 4,7% de los costos.

Se pudo observar que los cerdos con alimentación de precisión, tienden a consumir más alimento durante la primera fase de la alimentación, logrando un mayor aumento de peso vivo y mayor deposición de lípidos corporal es frente a la alimentación en tres fases.

Otro punto a destacar es la excreción de ciertos componentes de la dieta. Utilizando un sistema de alimentación de precisión se logra una disminución de la excreción de nitrógeno y del fosforo del orden del 25% aproximadamente. Esto no solo tiene incidencia sobre el costo en alimentación, sino sobre el costo ambiental.

La inversión en este tipo de sistemas representa una oportunidad única para las empresas de producción porcina a fin de aumentar la eficiencia, bajando los costos de alimentación y ajustando mejor los requerimientos con un impacto favorable sobre el medio ambiente. Será trabajo conjunto de los nutricionistas y técnicos, a futuro, realizar avances sobre esta temática intentado adaptar mejor esta tecnología a las condiciones de producción de nuestro país.

Bibliografía

Andretta L, Pomar C, Rivest J, Pomar J, Lovatto PA, Radunz Neto J (2014); The impact of feeding growing-finishing pigs with daily tailored diets using precision feeding techniques on animal performance, nutrient utilization, and body and carcass composition. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25057024>

Arrieta J ;Lescano D, Mirada M, Vitale L, Felicioni E, Vaudagna J (2015). Estrategias nutricionales y de alimentación en recría y engorde. Impacto en los costos. Recuperado de: <http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Archivos/inta%20fericerdo2015%20res%203%20arrieta.pdf>

CONINAGRO. 2018. Economías Regionales: Porcinos. Informe Técnico N° 6. Recuperado de: www.coninanagro.org.ar/2018-01-Porcinos.

Dourmad J. I., Brossard L. (2016); Precision feeding and nutrition of pig. Recuperado de: www.livestockforum.com/documents/5645614/f12b384e-c288-4c0f-ab6e-75c68fa46a22

Foreign Agricultural Service (FAS 2017). Recuperado de: <https://www.fas.usda.gov/>

FAO. 2018. Perspectivas Alimentarias. Resúmenes de Mercado. Pag. 9. Recuperado de: www.fao.org/ca0910es.pdf

García Miralles (2013); Modificación de la calidad del nitrógeno en dietas para cerdos de engorde: efectos sobre los parámetros productivos y las emisiones de amoníaco del purín. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/38007/Tesina%20Hugo%20García%20Miralles.pdf?sequence=1>

Hauschild L, Pomar C, Lovatto PA (2010); Systematic comparison of the empirical and factorial methods used to estimate the nutrient requirements of growing pigs. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22444124>

Hauschild L, Lovatto P, Pomar J, Pomar C (2012); Development of sustainable precision farming systems for swine: Estimating real-time individual amino acid requirements in growing-finishing pigs. Recuperado de: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/90/7/2255/4702010>

Landin G M (2013); Producción de excretas porcinas y contaminación ambiental. Recuperado de: www.aacporcinos.com.ar/articulos/manejo_porcino_03-2013_produccion_de_excretas_porcinas_y_contaminacion_ambiental.html

Ministerio de Agroindustria. 2018. Boletín Porcino. En: Hoja Informativa. Principales indicadores enero- 2018. Recuperado de: <https://www.agroindustria.gob.ar>areas>

Pérez Espejo R (2009) Producción Porcina y contaminación del agua en la Piedad, Mich. Recuperado de: www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico13/159.pdf

Pié Orpí. J (2017); Impacto ambiental en producción porcina y cómo reducirlo. Recuperado de: <http://www.veterinariadigital.com/articulos/impacto-ambiental-en-produccion-porcina-y-como-reducirlo-1-1>

Pomar, C., Pomar, J., Rivest, L., Cloutier, M. P., Letourneau-Montminy, I., Andretta, Hauschild, L. (2014). The impact of feeding growing-finishing pigs whit daily tailored diets using precision feeding techniques on animal performance, nutrient utilization and feeding cost. Agriculture and Agri-Food Canada. Recuperado de: <https://pork.ahdb.org.uk/media/72756/candido-pomar-the-impact-of-precision-feeding-bpex-innovation-conference-2014.pdf>

Pomar C, Pomar J (2010); Hacia la porcinocultura de precisión. Recuperado de: <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/7719/ARTICULOS-PORCINO-ARCHIVO/Hacia-la-porcinocultura-de-precision.html>

Pomar C, Pomar J, Andretta I (2014) ; La alimentación de precisión puede reducir los requerimientos de aminoácidos en cerdos de engorde en mas de un 25 %. Recuperado de: https://www.3tres3.com/articulos/la-alimentacion-de-precision-puede-reducir-los-requerimientos-de-aa_34301/

Pomar C, Huschild L, Zhang G-H , Pomar J , Lovatto Paolo (2009); Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. Recuperado de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982009001300023

Pomar C, Dubeau F, Letourneau-Montminy M, Boucher C, Julien P (2006); Reducing phosphorus concentration in pig diets by adding an environmental objective to the traditional feed formulation algorithm. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141306004161#!>

Sousa dos Santos L, Pomar C, Reis Furtado P, Welex C, Da Silva C, Gobi P, Alini Mari Veira, Zem Fraga A, Hauschild L (2018); Precision feeding strategy for growing pigs under heat stress conditions. Recuperado de : <https://academic.oup.com/jas/advance-article-abstract/doi/10.1093/jas/sky343/5076200?redirectedFrom=fulltext#>