

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS



Engorda de cerdos con el uso cema de trigo en sustitución del maíz

Monografía

Que presenta MERCEDES BELEM BONILLA LÓPEZ

Como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO AGRÓNOMO EN DESARROLLO RURAL

Saltillo, Coahuila

Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DEPARTAMENTO DE SOCIOLOGÍA
DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS

Engorda de cerdos con el uso cema de trigo en sustitución del maíz

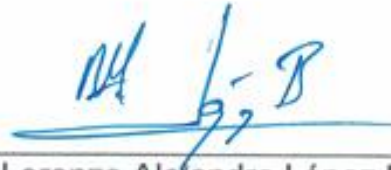
MONOGRAFÍA

Elaborada por MERCEDES BELEM BONILLA LÓPEZ

como requisito parcial para obtener el título

INGENIERO AGRÓNOMO EN DESARROLLO RURAL

Que somete a la supervisión y aprobación del Comité del H. Jurado Examinador



Dr. Lorenzo Alejandro López Barbosa
Asesor principal



M.C. Selene Yáñez Martínez
Coasesora



Lic. Norma E. Sánchez García
Coasesora



Lic. Norma E. Sánchez García
Coordinadora de la División de Ciencias Socioeconómicas



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a dios por permitirme alcanzar esta meta; a mi familia por su amor, apoyo y confianza incondicional; a mis profesores y asesores por sus enseñanzas y orientación; y a los integrantes del jurado por el tiempo dedicado a la revisión y evaluación de este trabajo. A todos ustedes mi más sincero reconocimiento y gratitud.

DEDICATORIAS

La culminación de esta etapa representa el resultado de años de esfuerzo, aprendizaje y dedicación por ello dedico este logro a mi familia, profesores y amigos, por su invaluable apoyo y confianza, así como a todas las personas que, con sus enseñanzas y palabras de aliento, contribuyen a mi crecimiento académico y humano.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	3
DEDICATORIAS	4
ÍNDICE GENERAL	5
RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
JUSTIFICACIÓN	10
OBJETIVO GENERAL	12
REVISIÓN DE LITERATURA	13
Historia de la producción porcícola	13
Taxonomía del cerdo.....	13
Características generales de los cerdos	13
Sistemas de producción de cerdo	17
Engorda y pie de cría	18
Producción porcícola mundial	18
Producción mundial de carne de cerdo	19
Países productores	19
Productos derivados del cerdo	22
Mercado y tendencias	22
Producción porcícola en México.....	23
Granjas porcícolas	25
Alimentación de los cerdos	25
Alimentación con maíz	41
Alimentación con CEMA	51
Valor nutricional del trigo en alimentación animal	54
Uso del trigo en producción de porcinos	55
Beneficios de la sustitución de la alimentación tradicional de los cerdos.....	56
Costos de producción de cerdos	60
CONCLUSIONES	62
REFERENCIAS	80

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Comparativa de suplementación nutricional entre cerdos de engorda y pie de cría.....	41
Cuadro 2. Información nutrimental de la CEMA.....	52
Cuadro 3. Información adicional de la CEMA.....	53
Cuadro 4. Valores nutricionales del salvado de trigo.....	55
Cuadro 5. Valores máximos de trigo en la dieta de cerdos.....	56
Cuadro 6. Costos de producción de pie de cría de cerdos.....	60
Cuadro 7. Costos de producción de cerdos de engorda.....	61

RESUMEN

La porcicultura es una actividad dedicada a la crianza, alimentación y comercialización de cerdos. Se importaron a México en el siglo XX, convirtiéndose en la segunda fuente de abastecimiento de carne del país, y se ha convertido en el sistema ganadero más importante. La porcicultura, se considera como una industria importante dentro de la actividad pecuaria del país, generando más de 1,000,000 de toneladas anualmente, siendo los principales estados productores Jalisco, Sonora y Puebla, representando un 48 % de la producción. La carne de cerdo roja, es la de mayor consumo en el mundo, y representa alrededor del 43 % del consumo total. Los cerdos necesitan de diversos ingredientes en sus raciones, siendo los cereales los que participan en mayor proporción. Y, además, de la disponibilidad y el alto costo de las materias primas que son utilizadas en la preparación de las raciones alimenticias, necesitan de nuevas formas para una alimentación adecuada y de bajo costo. La CEMA, es un derivado de la molienda del grano de trigo maduro, y es ampliamente utilizado en la alimentación animal como fuente principal de fibra. Es por ello que el trigo puede ser utilizado en la dieta de los cerdos, por su alto nivel de fibra, extremadamente resistente a la degradación en el intestino. El uso de la CEMA, es un alimento con alto potencial para la alimentación de los animales, por lo que puede ser una alternativa viable para su dieta, en sustitución del maíz, ya que tiene mejores propiedades nutricionales.

Palabras clave: alimentación; CEMA; producción porcícola; trigo.

INTRODUCCIÓN

La porcicultura es una actividad dedicada a la crianza, alimentación y a la comercialización de cerdos. De acuerdo al Instituto Nacional de la Economía Social (2018), la porcicultura en México actualmente se considera como una industria importante dentro de la actividad pecuaria en el país, la cual genera más de 1, 000, 000 de toneladas anualmente, siendo los principales estados productores Jalisco, Sonora y Puebla que han llegado a representar hasta un 48 % de la producción. Según la FAO, la carne de cerdo roja, es la de mayor consumo en el mundo, y representa alrededor del 43 % del consumo, seguida por el consumo de carne aviar con 33 % y la bovina con 23 % (Bobadilla *et al.*, 2009; Sitio Porcino, 2014).

Por su parte, Hurtado *et al.*, (2011), mencionan que los cerdos necesitan de diversos ingredientes en sus raciones, siendo los cereales los que participan en mayor proporción, lo que contribuye de dos tercios del volumen total de las dietas balanceadas. Y, además, menciona que la disponibilidad y el alto costo de las materias primas que son utilizadas en la preparación de las raciones alimenticias, necesitan de nuevas formas para una alimentación adecuada y de bajo costo para los animales. Es por ello que el uso de la cema, es un derivado de la molienda del grano de trigo maduro, ya sea entero o quebrado, y que cumpla con las especificaciones adecuadas como estar limpio, sano y seco, y es ampliamente utilizado en la alimentación animal como fuente principal de fibra (Comercializadora Llabana, 2022). De acuerdo a Chaquilla-Quilca *et al.*, (2018), el trigo es uno de los cereales con mayor contenido proteico, y que está disponible para la alimentación animal, y es superior a la alimentación con maíz, por lo que es mucho mejor alimentar el animal con trigo en lugar de maíz. Siendo el trigo (*Triticum aestivum* L.) el que ha sido cultivado desde inicios de la civilización (Javed y col, 2012). Ya que los cereales son la fuente de energía y nutrientes más importante en la alimentación humana y animal; distinguiéndose entre ellos el trigo, del cual se obtiene harina como producto principal; salvado y germen como subproductos (Dexter y Sarkar, 2004).

De entre los componentes del salvado de trigo, sus proteínas han sido las menos estudiadas, a pesar de tener mayor calidad que las de la harina de este cereal, debido a un mejor balance de aminoácidos (Stevenson y col, 2012). Existe la demanda permanente por diversas fuentes de proteína barata, no solo por su importancia en la nutrición sino también por su potencial uso como ingredientes funcionales en la industria de los alimentos (Idris y col, 2003). Así que, las proteínas de salvado desempeñan funciones metabólicas; mientras que, en el grano maduro, constituyen una reserva de nitrógeno y también están involucradas en la defensa contra estreses bióticos y abióticos. Debido a su composición en aminoácidos (Woerman y Satterlee, 1974).

Además, se ha reportado que el salvado de trigo se ha utilizado en la alimentación del cerdo, por sus cualidades y propiedades nutricionales, y por la buena digestión de los porcinos. Y que, además, se agrega a la dieta del cerdo por su contribución a la salud intestinal y a la mejora del microbiota. No obstante, las bacterias presentes en el intestino del cerdo, puede fermentar la fibra para producir ácidos grasos volátiles, ya que estos compuestos son aprovechados como fuente de energía. Por lo que, se recomienda que el salvado de trigo en la dieta del cerdo se complemente con productos enzimáticos que mejoren la digestibilidad (Martínez-Aispuro, 2017). Es por ello por lo que se propuso la indagación sobre los beneficios que se tienen en la alimentación del cerdo, con el uso de CEMA derivado del trigo en sustitución del maíz, aprovechando el contenido nutrimental.

JUSTIFICACIÓN

La porcinocultura representa una de las actividades pecuarias de mayor relevancia económica , sin embargo los elevados costos de alimentación representa un de los principales factores que afectan la rentabilidad de los sistemas de producción .Debido a que el maíz es la fuente energética tradicionalmente utilizada en las dietas para cerdos , las variaciones en su precio y disponibilidad , así como la creciente demanda para consumo humano e industrial ,han impulsado la búsqueda de ingredientes alternativos que permitan mantener la eficiencia y reducir los costos de alimentación (Kim, 2021).

En este sentido cereales como el trigo y el arroz han cobrado importancia por sus características nutricionales y por su potencial para ser incorporados en las dietas porcinas como fuentes energéticas complementarias, asimismo, el empleo de diferentes estrategias nutricionales puede favorecer un mejor aprovechamiento de los nutrientes y contribuir a optimizar el desarrollo productivo de los animales Por ello la presente monografía tiene como propósito reunir y analizar.

Información científica actualizada sobre las alternativas alimenticias utilizadas en la producción porcina, con la finalidad de ampliar el conocimiento acerca de sus beneficios y limitaciones, así como proporcionar una base de consulta que pueda ser de utilidad para estudiantes y productores interesados en mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la actividad porcina.

La porcicultura constituye una de las actividades pecuarias de mayor relevancia económica y social debido a su contribución al abastecimiento de proteína de origen animal y a la generación de empleos en el sector rural. Sin embargo, uno de los principales desafíos que enfrenta esta actividad es el elevado costo de la alimentación, ya que representa el mayor porcentaje de los gastos de producción. Dentro de las dietas porcinas, el maíz es la principal fuente energética utilizada; no obstante, las variaciones en su disponibilidad y precio, derivadas de factores productivos, climáticos y de mercado, han incrementado el interés por identificar

alternativas alimenticias que permitan reducir costos sin afectar el desempeño productivo de los animales.

En este contexto, la cema, un subproducto obtenido de la molienda del trigo, representa una opción con potencial para ser incorporada en la alimentación porcina debido a su contenido de nutrientes y a su disponibilidad como producto derivado de la industria molinera. El aprovechamiento de este tipo de subproductos puede contribuir a una utilización más eficiente de los recursos agroindustriales, así como a la disminución de la dependencia de materias primas convencionales utilizadas en la formulación de alimentos balanceados.

La presente monografía adquiere relevancia porque reúne y analiza información científica relacionada con el uso de la derivada del trigo en la alimentación de cerdos, permitiendo identificar sus características nutricionales, beneficios potenciales y limitaciones. Asimismo, proporciona información de consulta para estudiantes, técnicos, productores e investigadores interesados en el desarrollo de estrategias alimenticias que favorezcan la eficiencia productiva y económica de los sistemas porcinos.

Finalmente, el estudio de alternativas alimenticias basadas en subproductos agroindustriales contribuye a promover sistemas de producción más sostenibles, al favorecer el aprovechamiento de recursos disponibles y reducir la presión sobre insumos tradicionales como el maíz, fortaleciendo así la competitividad y viabilidad de la porcicultura.

OBJETIVOS

Objetivo general

Identificar mediante una revisión bibliográfica, la ventajas e implicaciones nutricionales, productivas y económicas del uso de cema derivado del trigo en la alimentación de cerdos, en comparación con el maíz como fuente energética convencional.

Objetivos específicos

1. Realizar una revisión sistemática de la literatura científica para compilar y sintetizar evidencia sobre la composición nutricional de la cema derivada del trigo y su comparación con el maíz en dietas para cerdos.
2. Evaluar, a partir de estudios experimentales y de campo, los efectos productivos (consumo feed, ganancia de peso, conversión alimenticia y salud intestinal) del reemplazo parcial o total del maíz por cema en diferentes etapas productivas del cerdo.
3. Analizar la viabilidad económica del uso de cema frente al maíz mediante la revisión de costos de producción, rendimiento económico por animal y estudios de costo-beneficio/escenarios de mercado reportados en la literatura.

REVISIÓN DE LITERATURA

Historia de la producción porcícola

La porcicultura es una actividad dedicada a la crianza, alimentación y a la comercialización de cerdos. Y existen dos procesos de domesticación de cerdos, el primero se dio en oriente hace unos 13, 000 años, y el segundo en China 4, 900 años a. c., por lo que el cerdo es uno de los animales que fueron utilizados por el ser humano, ya que desde sus inicios ya existían pueblos que consumían su carne, aunque algunos otros la consideraban indeseable. Y no fue hasta el siglo XX, donde se importaron a México razas mejoradas, convirtiéndose en la segunda fuente de abastecimiento de carne en el país, y que además logró convertirse en el sistema ganadero más importante, por el gran volumen de producción en la década de los setenta aumentando el consumo per cápita (Instituto Nacional de la Economía Social, 2018).

Taxonomía del cerdo

El cerdo pertenece a:

Reino: Animalia

Phylum: Chordota

Clase: Mammalia

Orden: Artiodactyla

Familia: Suidae

Nombre científico: *Sus scrofa* (domestica) Linnaeus (1758)

Nombre común: cerdo doméstico

(Álvarez-Romero y Medellín, 2005).

Características generales de los cerdos

El cerdo doméstico (*Sus scrofa domesticus*) es una especie monogástrica con una elevada capacidad para transformar los nutrientes contenidos en los

alimentos en tejido muscular lo que le permite presentar un rápido crecimiento y una eficiente conversión alimenticia. Por ello la calidad y composición de la dieta tiene una influencia directa sobre el desempeño productivo de los animales (Grepe, 2001; Roldán y Durán, 2006).

El peso y las dimensiones corporales varían en función de la raza , edad y sistema de producción .En términos generales , los cerdos adultos pueden alcanzar pesos superiores a los 300kg y presentar una longitud corporal de entre 0.8y 1.35 .Asimismo, se consideran animales omnívoros debido a que su aparato bucal y sistema digestivo les permiten consumir tanto alimentos de origen vegetal como animal .Además suelen mostrar mayor actividad durante las horas más frescas del día ,principalmente en la noche (Fundación Charles Darwin 2023).

A nivel mundial, las razas Yorkshire, Landrace, Duroc y Pietrain son las más utilizadas en la producción comercial de carne debido a sus características productivas. La raza Yorkshire destaca por su alta prolificidad y capacidad materna; la raza landrace presenta una excelente habilidad para la crianza de lechones; mientras que la raza duroc y pietrain se caracterizan por su rápido crecimiento, buena calidad de carne y elevado rendimiento en canal (Rodríguez-Ortega et al., 2024).

En México, las razas Yorkshire, Landrace, Duroc y Pietrain constituye la base genética de la porcicultura tecnificada. además, es frecuente el empleo de cruzamientos en estas razas con la finalidad de obtener animales con mayor proporción de carne magra, características que contribuyen a incrementar la productividad del sector porcícola nacional (Rodríguez-Ortega et al., 2024).

Raza Duroc



Fuente: Wikipedia contributors (s.f).

Raza landrace



Fuente: Tuto-IDEMA. (2023),

Raza pietrain



Fuente: Vía Rural. (s.f.).

Raza hampshire



Fuente: Todo Pecuario. (s.f.).

Sistemas de producción de cerdo

La producción porcina comprende una serie de prácticas relacionadas con el manejo, la alimentación, la sanidad, y las instalaciones destinadas a la crianza de los animales, cuyo objetivo es lograr una explotación eficiente y económica rentable. El tipo de sistema implementado está determinado por diversos factores, entre ellos la disponibilidad de recursos, el grado de tecnificación y las condiciones ambientales y socioeconómicas de cada región (FAO, 2018).

Según el grado de tecnificación y las prácticas de manejo empleadas, la producción porcina se divide en sistemas extensivos, semintensivos e intensivos. El sistema extensivo se distingue por la crianza de animales en espacios por la crianza de animales en espacios abiertos, donde la alimentación se basa principalmente en el aprovechamiento de recursos naturales disponibles. Si bien este sistema demanda una menor inversión, suele presentar desventajas relacionadas con el control sanitario y con una menor evidencia productiva (FAO, 2018).

En cuanto al sistema semintensivo, este se caracteriza por integrar el aprovechamiento de los recursos naturales disponibles con el suministro de dietas balanceadas y la aplicación de prácticas de manejo con un mayor grado de tecnificación. Su implementación es frecuente en unidades de producción de pequeña y mediana escala, ya que permite incrementar la productividad sin requerir inversiones excesivas (SENASICA, 2023).

Por su parte, el sistema intensivo se distingue por el empleo de instalaciones diseñadas específicamente para la producción porcina, el uso de programas de alimentación ajustados a las necesidades nutricionales de los animales y la aplicación de estrictas medidas de control sanitario. Estas condiciones contribuyen a mejorar los índices productivos y la eficiencia alimenticia. En México, este modelo predomina en la producción comercial de carne de cerdo, debido a que favorece una mayor rentabilidad y permite atender la demanda del mercado (SENASICA, 2023).

Engorda y pie de cría

De acuerdo con la finalidad productiva, las explotaciones porcinas pueden dividirse en granjas de pie de cría y granjas de engorda. Las granjas de pie de cría se encuentran destinadas principalmente a las actividades de reproducción y mejoramiento genético, mediante el manejo de hembras y sementales con el propósito de producir lechones y animales reproductores que serán incorporados a otras unidades de producción. Estas explotaciones representan un componente fundamental dentro de la cadena porcina, debido a que aseguran la disponibilidad de animales con características productivas y reproductivas favorables (SIAP, 2018).

En contraste, las granjas de engorda tienen como objetivo llevar a los cerdos desde las etapas de crecimiento hasta alcanzar el peso adecuado para su comercialización y sacrificio. Para ello, se emplean programas de alimentación y manejo orientados a maximizar la ganancia de peso y mejorar la eficiencia en la conversión alimenticia. En este sentido, la nutrición constituye uno de los factores más determinantes para alcanzar una producción eficiente y obtener canales de calidad (Alonso-Pesado y Rodríguez de Jesús, 2023).

Por otra parte, existen sistemas de ciclo completo, los cuales integran las etapas de reproducción, gestación, maternidad, destete, crecimiento y finalización dentro de una misma unidad de producción. Este tipo de explotación permite un mayor control de los procesos productivos y favorece un uso más eficiente de los recursos disponibles (SIAP, 2018).

Producción porcícola mundial

La producción porcícola, tiene como objetivo principal el suministro de carne para el consumo humano, ya que es considerada una fuente importante de proteína, energía, vitaminas, minerales y micronutrientes, que son esenciales para el crecimiento y el desarrollo. De acuerdo a la FAO, la carne de cerdo roja, es la de mayor consumo en el mundo, y representa alrededor del 43 % del consumo, seguida por el consumo de carne aviar con 33 % y la bovina con 23 % (Bobadilla *et al.*, 2009; Sitio Porcino, 2014).

Producción mundial de carne de cerdo

La producción de carne de cerdo representa una de las actividades pecuarias más relevantes a escala mundial, debido a su aporte al suministro de proteína de origen animal y a la importancia económica que tiene para numerosos países. Durante las últimas décadas, la porcicultura ha experimentado un crecimiento constante como resultado del aumento en la demanda de productos cárnicos, así como de los avances tecnológicos y las mejoras implementadas en los sistemas de alimentación y manejo de los animales (FAO, 2025).

La carne de cerdo se encuentra entre las principales fuentes de proteína animal consumidas en el mundo, junto con la carne de ave y la carne bovina. La mayor parte de la producción se concentra en regiones de Asia, Europa y América, destacando China como el principal productor, seguida por la Unión Europea, Estados Unidos y Brasil. Estos países cuentan con sistemas de producción altamente tecnificados que han permitido mejorar la eficiencia y productividad de la industria porcina (Kim *et al.*, 2024).

Debido a su importancia en la seguridad alimentaria y en la economía mundial, la porcicultura continúa siendo uno de los sectores pecuarios con mayor dinamismo, lo que ha impulsado el desarrollo de estrategias orientadas a mejorar la eficiencia productiva y optimizar el aprovechamiento de los recursos disponibles.

Países productores

La actividad porcina a nivel mundial se concentra principalmente en regiones de Asia, Europa y América, donde se localizan los países con mayores volúmenes de producción. Estas naciones se caracterizan por contar con sistemas altamente tecnificados y por la aplicación de estrategias orientadas a mejorar la productividad y eficiencia de sus explotaciones (Kim *et al.*, 2024).

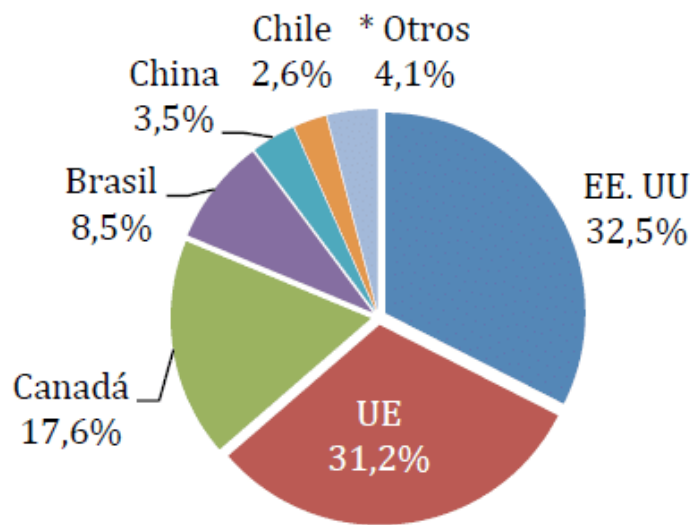
Dentro del panorama internacional, China ocupa el primer lugar en la producción de carne de cerdo, debido a la alta demanda de este alimento y a su importancia dentro de la dieta de la población. De igual manera, la Unión Europea representa

una de las principales regiones productoras, destacando países como España, Alemania, Francia y Dinamarca, los cuales poseen una industria porcina desarrollada y con una importante participación en el comercio exterior (Kim *et al.*, 2024).

Por otra parte, Estados Unidos figura entre los principales productores mundiales gracias a la implementación de sistemas intensivos y al uso de tecnologías que han permitido incrementar la eficiencia de los procesos productivos. Asimismo, Brasil ha mostrado un crecimiento sostenido en las últimas décadas, consolidándose como uno de los países con mayor producción y exportación de carne de cerdo en el continente americano (Yu, 2024).

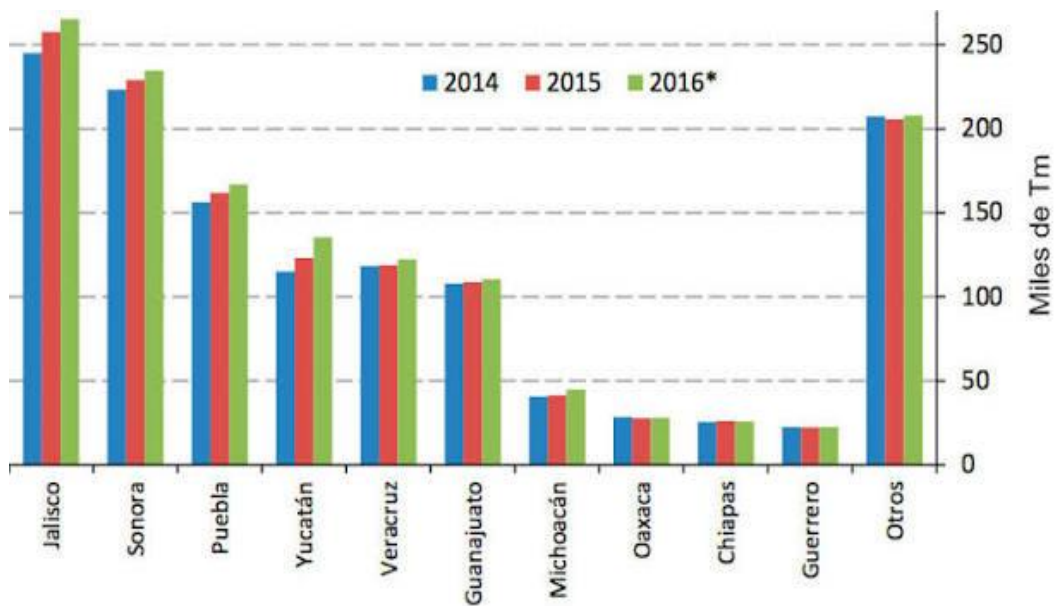
El liderazgo de estas regiones productoras ha sido favorecido por los avances en áreas como la genética, la nutrición, el manejo y la sanidad animal, además del incremento en la demanda de proteína de origen animal. En conjunto, estos factores han contribuido al fortalecimiento y desarrollo de la industria porcina a nivel mundial (Kim *et al.*, 2024).

Países productores porcícolas



Fuente: USDA, 2013.

Estados con mayor producción porcícola en México



Fuente: FIRA, 2016.

Productos derivados del cerdo

La porcicultura genera una amplia diversidad de productos con aplicaciones en la alimentación humana y en distintos sectores industriales. Entre ellos, la carne de cerdo destaca por ser una de las principales fuentes de proteína de origen animal a nivel mundial, además de ser utilizada en la elaboración de numerosos productos cárnicos frescos y procesados, como jamones, tocino, salchichas y otros embutidos (Kim *et al.*, 2024).

Asimismo, durante el procesamiento de los animales se obtienen diversos subproductos comestibles, entre los que se encuentran el hígado, corazón, riñones y otras vísceras, los cuales poseen un importante valor nutricional debido a su contenido de proteínas, vitaminas y minerales. Estos productos son ampliamente aprovechados por la industria alimentaria en la elaboración de diferentes derivados cárnicos (Seong, 2014).

Por otra parte, materiales como la grasa, sangre, huesos y piel, que generalmente no son destinados al consumo humano directo, son aprovechados como materia prima para la obtención de harinas y grasas de origen animal, así como para la elaboración de diversos productos utilizados en las industrias farmacéutica, cosmética y de alimentación animal. En México, el aprovechamiento de estos subproductos representa una alternativa para agregar valor a la cadena porcina y favorecer una producción más eficiente y sostenible (Ospina-Romero, 2024).

Mercado y tendencias

El mercado de la carne de cerdo representa uno de los sectores pecuarios con mayor importancia a nivel mundial, debido a la creciente demanda de proteína de origen animal y al papel que desempeña en la seguridad alimentaria. En las últimas décadas, el incremento de la población y el aumento en los ingresos de los consumidores han favorecido el crecimiento del consumo de carne de cerdo, particularmente en los países de Asia y América Latina (Yu, 2022).

De igual manera, la producción y comercialización de carne de cerdo han experimentado cambios importantes como consecuencia de los avances en

genética, nutrición, manejo y sanidad animal, los cuales han permitido mejorar la eficiencia productiva y satisfacer las exigencias del mercado internacional. Asimismo, la implementación de nuevas tecnologías y sistemas de producción más sostenibles ha contribuido al fortalecimiento de la competitividad del sector porcino (Kim *et al.*, 2024).

En la actualidad, las principales tendencias incluyen la implementación de sistemas de producción más sostenibles, la utilización de tecnologías de precisión para el monitoreo de los animales y la aplicación de estrategias dirigidas a disminuir el uso de antibióticos en las explotaciones porcinas (Liu, 2024).

Asimismo, existe un creciente interés por desarrollar alternativas nutricionales y prácticas de manejo que permitan incrementar la eficiencia productiva y responder a las exigencias de los consumidores en cuanto a calidad, inocuidad y bienestar animal.

Figura 1. **Cerdo de edad joven**



Fuente: Experto Anima. (s.f.).

Producción porcícola en México

La porcicultura constituye una de las actividades pecuarias de mayor importancia en México, debido a su contribución al abastecimiento de proteína de origen animal y a su impacto en la generación de empleos y el desarrollo económico del sector agropecuario. En los últimos años, la producción nacional de carne de cerdo ha mostrado una tendencia creciente, favorecida por el incremento en la

demanda y por la adopción de sistemas de producción más tecnificados (INAES, 2018; SIAP, 2020).

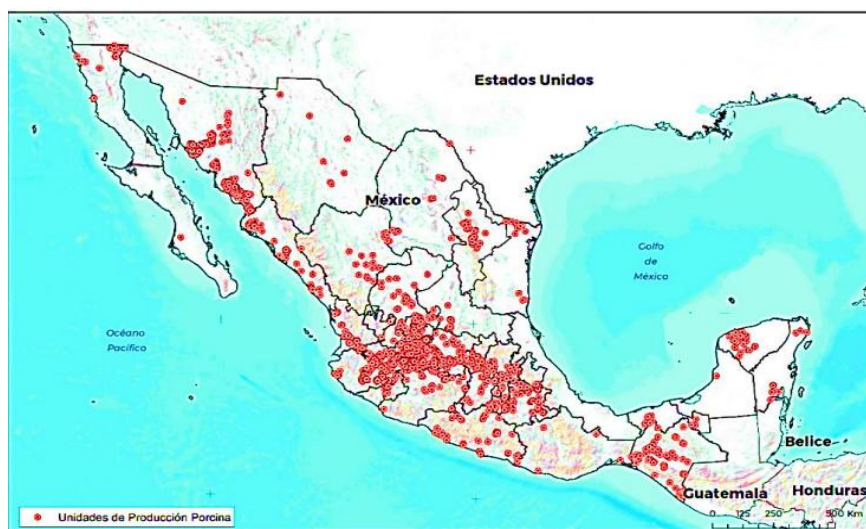
De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2020), durante 2019 México registró una población aproximada de 18.4 millones de cabezas de ganado porcino, con una producción superior a 1.6 millones de toneladas de carne y un valor económico cercano a los 73 mil millones de pesos. Asimismo, la producción porcina presentó una tendencia de crecimiento en comparación con décadas anteriores, reflejando la importancia de esta actividad dentro del sector pecuario nacional.

Los principales estados productores de carne de cerdo son Jalisco, Sonora y Puebla, los cuales concentran una parte importante de la producción nacional. También destacan Yucatán, Veracruz y Guanajuato, entidades que han incrementado su participación debido a la modernización de sus sistemas de producción y al crecimiento de la demanda tanto nacional como internacional (SIAP, 2024).

En cuanto al consumo, la carne de cerdo ocupa uno de los primeros lugares entre las proteínas de origen animal preferidas por la población mexicana. El aumento en el consumo ha sido impulsado por los cambios en los hábitos alimenticios, la disponibilidad de productos procesados y el reconocimiento de su valor nutricional (OCDE-FAO, 2023).

Particularmente, el estado de Veracruz se ha consolidado como una de las entidades con mayor participación en la porcicultura nacional. La actividad porcina representa una fuente importante de ingresos para numerosos productores y contribuye al desarrollo económico de diversas regiones del estado, donde la producción se destina tanto al mercado local como al abastecimiento de otras entidades del país (SIAP, 2024).

Figura 2. Distribución nacional de las unidades de producción porcícola en México.



Fuente: SIAP, 2020.

Granjas porcícolas

Las granjas de cerdo, suelen ser instalaciones adecuadas para una buena producción e inocuidad de la producción de la carne, y se menciona que las granjas de pequeña escala dependen del alimento comercial, lo que se considera un factor económico importante porque puede elevar los costos de producción. Además, es muy importante que el productor de cerdo logre posicionar la carne de cerdo en el mercado en un tiempo máximo de 170 días, cerdos cuyas características sean deseables y tengan un peso de 90 a 105 kg, y si se tienen líneas genéticas magras, el tiempo para salir al mercado debe de ser de 10 a 20 días menos, y que la ganancia de peso sea mayor a 600 gramos por día, desde su nacimiento hasta el mercado (Campabadal, 2009).

Alimentación de los cerdos

La alimentación representa entre el 65% y 75% de los costos totales de producción porcina, constituyéndose como el factor determinante en la rentabilidad y sostenibilidad de cualquier empresa porcícola. La implementación de un programa nutricional diferenciado y científicamente fundamentado para

cerdos de engorda y pie de cría no solo optimiza los recursos económicos, sino que garantiza el máximo desempeño productivo y reproductivo de los animales, asegurando la viabilidad a largo plazo del proyecto.

La presente justificación técnica establece los fundamentos científicos y prácticos que sustentan la necesidad de desarrollar estrategias nutricionales específicas, reconociendo que las demandas metabólicas, fisiológicas y productivas de los cerdos destinados al sacrificio difieren sustancialmente de aquellos seleccionados como reproductores.

La alimentación influye directamente sobre el crecimiento, la salud y la eficiencia productiva de los animales. Además, representa el componente de mayor costo dentro de los sistemas de producción, por lo que es indispensable formular dietas que satisfagan los requerimientos nutricionales en cada etapa de desarrollo del cerdo (Kim *et al.*, 2024).

Fundamentos de la nutrición porcina

Principios nutricionales básicos

Los cerdos, como animales monogástricos omnívoros, requieren una dieta balanceada que proporcione los nutrientes esenciales en las proporciones adecuadas para satisfacer sus necesidades de mantenimiento, crecimiento y reproducción. Los elementos fundamentales de la nutrición porcina incluyen:

Proteínas y aminoácidos: Las proteínas constituyen el elemento estructural fundamental para el desarrollo de tejido muscular magro. Los cerdos requieren diez aminoácidos esenciales, siendo la lisina es la primera limitante en dietas basadas en cereales. La calidad proteica determina directamente la eficiencia de conversión alimenticia y la composición de la canal. Las necesidades proteicas varían significativamente según la etapa productiva, oscilando entre 14% y 22% de la dieta.

Energía metabolizable: Derivada principalmente de carbohidratos (cereales como maíz, sorgo, trigo) y lípidos (grasas y aceites), la energía constituye el componente más costoso de la dieta. La concentración energética afecta

directamente la ganancia de peso, la deposición de grasa y el consumo voluntario de alimento. Los requerimientos energéticos fluctúan entre 2.8 y 3.4 Mcal/kg según la fase productiva y el objetivo zootécnico.

Minerales: Elementos como calcio y fósforo son críticos para el desarrollo esquelético, especialmente durante el crecimiento acelerado. El desbalance calcio-fósforo puede ocasionar problemas locomotores severos que comprometen el bienestar animal y la productividad. Oligoelementos como zinc, hierro, cobre y selenio participan en funciones enzimáticas, inmunológicas y reproductivas esenciales.

Vitaminas: Las vitaminas liposolubles (A, D, E, K) e hidrosolubles (complejo B) son indispensables para el metabolismo normal, la función inmune y la reproducción. La vitamina E y el selenio tienen particular importancia en la función reproductiva de verracos. El ácido fólico resulta crítico para el desarrollo embrionario en hembras gestantes.

Agua: Frecuentemente subestimada, el agua representa el nutriente más importante. Los cerdos consumen 2-3 litros de agua por kilogramo de alimento consumido. La restricción hídrica afecta inmediatamente el consumo de alimento y el desempeño productivo.

Programa nutricional para cerdos de engorda

Objetivo productivo y justificación

Los cerdos destinados a engorda tienen un objetivo productivo único y claramente definido: alcanzar el peso de mercado (100-120 kg) en el menor tiempo posible, con la mejor conversión alimenticia y la composición de canal que demanda el mercado. Este objetivo requiere maximizar la ganancia diaria de peso y la eficiencia en la utilización de nutrientes, priorizando el crecimiento

Los cerdos destinados a engorda tienen un objetivo productivo único y claramente definido: alcanzar el peso de mercado (100-120 kg) en el menor tiempo posible, con la mejor conversión alimenticia y la composición de canal que demanda el mercado. Este objetivo requiere maximizar la ganancia diaria de

peso y la eficiencia en la utilización de nutrientes, priorizando el crecimiento muscular magro durante las fases tempranas y permitiendo una adecuada deposición de grasa intramuscular en la etapa final para asegurar la calidad organoléptica de la carne.

La justificación económica de un programa nutricional optimizado para engorda radica en que cada día adicional requerido para alcanzar el peso de mercado representa costos fijos de instalaciones, mano de obra y servicios, además de retrasar el flujo de efectivo del proyecto. Una conversión alimenticia eficiente (2.5-3.0 kg de alimento por kg de peso ganado) impacta directamente en la rentabilidad, considerando que el alimento representa el mayor costo operativo.

Fases de alimentación y requerimientos específicos

Fase de iniciación (Destete hasta 25 kg de peso vivo)

Esta fase crítica se extiende desde el destete (21-28 días de edad) hasta aproximadamente las 10 semanas de vida. El sistema digestivo del lechón experimenta una transformación significativa al pasar de la leche materna a alimento sólido, requiriendo dietas altamente digestibles que minimicen el estrés nutricional y mantengan la integridad intestinal.

La formulación debe contener 18-20% de proteína cruda con énfasis en fuentes de alta digestibilidad como harina de soja, plasma sanguíneo y proteínas lácteas. La concentración energética debe alcanzar 3.3-3.4 Mcal/kg, utilizando grasas de alta calidad que además favorecen la palatabilidad. La suplementación con aminoácidos sintéticos (lisina, metionina, treonina, triptófano) permite ajustar el perfil de aminoácidos ideal sin incrementar excesivamente el nivel proteico, reduciendo la excreción de nitrógeno y los trastornos digestivos.

Durante esta fase es fundamental la inclusión de aditivos nutricionales como ácidos orgánicos que reducen el pH intestinal, óxido de zinc que previene diarreas post-destete, y nucleótidos que favorecen el desarrollo del sistema inmune. El objetivo es lograr ganancias de peso de 400-500 gramos diarios con conversiones alimenticias de 1.4-1.6:1.

Fase de crecimiento (25 a 60 kg de peso vivo)

Durante esta etapa, que se extiende aproximadamente desde las 10 hasta las 18 semanas de edad, los cerdos experimentan su máxima capacidad de deposición de tejido magro. El sistema digestivo está completamente desarrollado, permitiendo la utilización eficiente de ingredientes más económicos y mayor inclusión de fibra.

La formulación debe aportar 16-18% de proteína cruda con concentración energética de 3.2-3.3 Mcal/kg. La relación lisina digestible:energía es crítica en esta fase para optimizar la deposición de proteína corporal. Se pueden incrementar gradualmente los niveles de fibra proveniente de subproductos de cereales, lo que además promueve la salud intestinal y reduce conductas anómalas.

El objetivo productivo en esta fase es alcanzar ganancias diarias de 700-800 gramos con conversiones alimenticias de 2.2-2.5:1. La alimentación puede ofrecerse ad libitum o mediante restricción moderada (90-95% del consumo voluntario) dependiendo de la genética y los objetivos de composición de canal.

Fase de finalización (60 kg hasta peso de mercado)

Esta fase terminal, que se extiende desde los 60 kg hasta alcanzar el peso de sacrificio (100-120 kg), representa aproximadamente las últimas 8-10 semanas del ciclo productivo. Durante este período, la capacidad de deposición de tejido magro disminuye progresivamente mientras aumenta la tendencia natural del cerdo a depositar grasa, tanto subcutánea como intramuscular.

La estrategia nutricional debe equilibrar dos objetivos aparentemente contradictorios: minimizar la deposición excesiva de grasa dorsal que penaliza el precio de la canal, mientras se permite suficiente grasa intramuscular (marmoleo) que determina la jugosidad, terneza y sabor de la carne. La formulación típica contiene 14-16% de proteína cruda con concentración energética de 3.1-3.2 Mcal/kg.

La reducción controlada del nivel proteico en esta fase se justifica económicamente, ya que el costo de la proteína es superior al de la energía, y fisiológicamente porque los animales en esta etapa tienen menor capacidad de síntesis proteica. Sin embargo, la reducción debe ser gradual y mantener el balance de aminoácidos esenciales para evitar comprometer la calidad de canal. En esta fase se incrementa la proporción de cereales (maíz, sorgo, trigo) que constituyen fuentes energéticas económicas. La inclusión de subproductos agroindustriales como salvado de trigo, pulpa de remolacha o destilería puede alcanzar niveles del 15-20% sin comprometer el desempeño, reduciendo significativamente los costos de formulación.

El objetivo productivo es mantener ganancias diarias de 850-950 gramos con conversiones alimenticias de 2.8-3.2:1. Aunque la conversión se deteriora respecto a fases anteriores (debido a mayor requerimiento de mantenimiento y mayor deposición grasa), el peso absoluto ganado diariamente alcanza su máximo, optimizando la utilización de instalaciones.

Programa nutricional para cerdos pie de cría

Los cerdos destinados como pie de cría representan el activo genético y reproductivo fundamental del proyecto porcícola. A diferencia de los animales de engorda, cuya vida productiva se limita a 150-180 días, los reproductores deben mantener salud, capacidad reproductiva y productividad durante 3-5 años en hembras y 2-3 años en machos. El objetivo nutricional no es maximizar la ganancia de peso, sino optimizar la eficiencia reproductiva, longevidad productiva y calidad de la descendencia.

La justificación económica de un programa nutricional específico para reproductores es contundente: una cerda produce entre 20-28 lechones anuales durante su vida productiva, generando entre 100-140 cerdos de engorda a lo

largo de su carrera reproductiva. El valor económico de este potencial productivo justifica ampliamente la inversión en nutrición especializada que puede representar 15-25% más que la alimentación de engorda, pero cuyo retorno se multiplica exponencialmente a través de la descendencia.

La nutrición inadecuada de reproductores genera consecuencias devastadoras: reducción en tasas de concepción (5-15%), disminución del tamaño de camada (1-2 lechones menos), mayor mortalidad pre-destete, lechones de bajo peso al nacer con menor viabilidad, reducción de la vida productiva y aumento de tasas de desecho prematuro. Cada uno de estos factores impacta directamente la estructura de costos y la productividad global del sistema.

Nutrición de hembras de reemplazo y reproductoras

Fase de desarrollo (selección hasta primera cubrición)

Las cerditas seleccionadas como futuras reproductoras, generalmente identificadas entre 90-100 kg de peso vivo, requieren un manejo nutricional que equilibre tres objetivos simultáneos: completar su desarrollo corporal y esquelético, alcanzar la madurez sexual óptima sin obesidad, y establecer reservas corporales adecuadas para soportar las demandas de gestación y lactación.

Durante esta fase crítica de 8-12 semanas, la alimentación debe aportar 15-16% de proteína cruda con concentración energética moderada de 3.0 Mcal/kg. A diferencia de los cerdos de engorda donde se busca maximizar el consumo, aquí se implementa restricción alimenticia proporcionando 2.0-2.5 kg diarios, equivalente al 80-85% del consumo voluntario. Esta restricción controlada previene la obesidad que compromete severamente la fertilidad, promueve el desarrollo adecuado del tracto reproductivo y optimiza la edad al primer estro.

La suplementación mineral adquiere particular importancia en esta fase, con énfasis en calcio (0.85-0.95%) y fósforo disponible (0.40-0.45%) para completar el desarrollo esquelético que continúa hasta el tercer parto. El desbalance mineral en esta etapa predispone a problemas locomotores severos que constituyen la

principal causa de desecho prematuro de reproductoras (30-40% de las eliminaciones).

La inclusión de ácido fólico (3-5 mg/kg) desde esta fase pre-reproductiva ha demostrado incrementar el tamaño de camada en 0.5-1.0 lechones al reducir la mortalidad embrionaria temprana. Minerales orgánicos (quelatos) de zinc, manganeso y cobre mejoran significativamente la manifestación de estro, tasas de ovulación y desarrollo folicular comparado con fuentes inorgánicas.

Fase de gestación (114 días) (continuación)

La gestación representa el período de mayor complejidad nutricional en la vida productiva de la cerda, dividiéndose estratégicamente en dos sub-fases con requerimientos marcadamente diferentes que responden a la fisiología del desarrollo embrionario y fetal.

Gestación temprana y media (Días 1-90): Durante los primeros 90 días de gestación, los requerimientos nutricionales son relativamente modestos ya que el crecimiento fetal es mínimo (menos del 30% del peso total al nacimiento ocurre en este período). El objetivo nutricional prioritario es mantener la condición corporal óptima de la cerda sin permitir obesidad que comprometa el parto subsecuente y la lactación. La alimentación debe proporcionar 2.0-2.5 kg diarios con 13-14% de proteína cruda y 3.0 Mcal/kg de energía metabolizable.

La restricción controlada durante esta fase cumple múltiples funciones: previene el exceso de reservas grasas que reducen el consumo de alimento durante la lactación, optimiza la eficiencia económica al evitar desperdicio de nutrientes, y reduce problemas de estreñimiento frecuentes en cerdas gestantes confinadas. Sin embargo, la restricción excesiva (menos de 1.8 kg diarios) compromete la supervivencia embrionaria, especialmente entre los días 12-30 post-cubrición cuando ocurre la implantación.

Un elemento distintivo y fundamental en la alimentación de gestación es la inclusión elevada de fibra (15-20% de fibra bruta), significativamente superior a

cualquier otra categoría porcina. La fibra dietética cumple funciones críticas: incrementa la saciedad reduciendo comportamientos estereotipados y agresividad en sistemas de confinamiento, mejora la salud intestinal y el estreñimiento crónico, y favorece el desarrollo de la capacidad digestiva que será crítica durante la lactación cuando el consumo debe maximizarse. Fuentes de fibra como pulpa de remolacha, salvado de trigo, alfalfa deshidratada o cascarilla de soja son particularmente efectivas.

Gestación tardía (Días 90-114): Durante el último tercio de gestación ocurre aproximadamente el 70% del crecimiento fetal, incrementando dramáticamente los requerimientos nutricionales. La cantidad de alimento debe aumentarse progresivamente hasta 2.5-3.0 kg diarios, manteniendo concentraciones similares de proteína y energía, pero aumentando sustancialmente el aporte total de nutrientes.

La suplementación con ácido fólico (5-10 mg/kg) durante toda la gestación, pero especialmente en las últimas semanas, ha demostrado reducir significativamente la incidencia de defectos del tubo neural, mejorar el peso al nacimiento y incrementar la viabilidad de lechones. La vitamina E (100-150 UI/kg) y selenio orgánico (0.3 ppm) mejoran la función inmune de la cerda y la transferencia de inmunoglobulinas al calostro, factor determinante de la supervivencia neonatal. Durante las últimas 2-3 semanas pre-parto, la adición de aminoácidos de cadena ramificada (valina, leucina, isoleucina) y arginina ha mostrado efectos positivos sobre el flujo sanguíneo placentario, incrementando el peso promedio al nacimiento en 50-100 gramos por lechón, diferencia crítica considerando que lechones con menos de 1.0 kg presentan mortalidad pre-destete superior al 40%.

Fase de lactación (21-28 días)

La lactación representa el período de máximo estrés metabólico y nutricional en la vida de la cerda reproductora. Una cerda moderna con camada de 12-14

lechones produce 8-12 litros de leche diarios en el pico de lactación (días 14-18), requiriendo movilizar enormes cantidades de nutrientes. Cada litro de leche producida demanda aproximadamente 750 gramos de alimento balanceado, lo que significa que una cerda en pico de lactación requiere teóricamente 6-9 kg de alimento diarios exclusivamente para la producción láctea, sin considerar sus necesidades de mantenimiento.

La estrategia nutricional durante la lactación debe ser diametralmente opuesta a la gestación: mientras en gestación se restringe el consumo, en lactación el objetivo es maximizar absolutamente el consumo voluntario de alimento. La alimentación debe ofrecerse *ad libitum* con consumos objetivo de 5-7 kg diarios, aunque cerdas de alta producción pueden consumir hasta 8-10 kg diarios en condiciones óptimas.

La formulación debe ser de máxima densidad nutricional: 17-19% de proteína cruda con concentración energética de 3.3-3.4 Mcal/kg. Esta alta densidad compensa la imposibilidad física de la cerda de consumir suficiente volumen de alimento para cubrir completamente sus requerimientos. La relación lisina digestible: energía debe optimizarse en 3.0-3.5 gramos por Mcal de energía metabolizable para sostener la producción láctea sin comprometer excesivamente las reservas corporales.

La suplementación intensiva con aminoácidos sintéticos es económicamente justificable en esta fase: lisina (1.0-1.2% total), metionina+cistina (0.60-0.65%), treonina (0.65-0.70%), triptófano (0.19-0.21%) y valina (0.85-0.95%). Este perfil de aminoácidos optimizado sostiene la síntesis de proteína láctea, minimiza la movilización de tejido muscular materno y acelera la recuperación de condición corporal post-destete.

A pesar de la alimentación *ad libitum* y la alta densidad nutricional, prácticamente todas las cerdas experimentan balance energético negativo durante la lactación, perdiendo entre 15-30 kg de peso corporal (10-20% de su peso al parto). Esta pérdida resulta inevitable dado que el consumo máximo físicamente posible (limitado por capacidad gástrica e intestinal) no alcanza a cubrir las demandas de

producción láctea. La magnitud de esta pérdida determina críticamente el desempeño reproductivo subsecuente.

Pérdidas de condición corporal superiores al 20% del peso corporal comprometen severamente el retorno al estro post-destete, reduciendo las tasas de concepción en 10-20% y disminuyendo el tamaño de la camada siguiente en 1-2 lechones. Por tanto, la estrategia nutricional debe minimizar esta pérdida a través de: maximización del consumo mediante múltiples tomas diarias (3-5 veces), uso de alimentos frescos altamente palatables, temperatura ambiental controlada (18-22°C óptimo), disponibilidad permanente de agua fresca (consumo de 20-35 litros diarios), y formulaciones con saborizantes naturales que estimulen el apetito.

La adición de grasas de alta calidad (aceite de soja, grasa animal) hasta 5-8% de la dieta incrementa la densidad energética sin aumentar volumen, mejorando además el contenido graso de la leche que favorece el crecimiento de lechones. La inclusión de electrolitos (bicarbonato de sodio, cloruro de potasio) ayuda a mantener el balance ácido-base alterado por la intensa movilización de calcio para la producción láctea, reduciendo la incidencia del síndrome de disgalactia post-parto.

Los requerimientos minerales durante la lactación son extraordinariamente elevados: calcio (0.85-1.0%) y fósforo disponible (0.65-0.75%) para sostener la producción láctea sin depletar excesivamente las reservas óseas maternas. La deficiencia de calcio y fósforo no solo afecta la producción láctea inmediata, sino que compromete la estructura esquelética de la cerda, agravando problemas locomotores que reducirán su longevidad productiva.

La suplementación con vitaminas del complejo B, particularmente ácido fólico, biotina y colina, favorece la recuperación metabólica post-parto y mejora la calidad del calostro y la leche. La vitamina E (150-200 UI/kg) y selenio orgánico protegen contra el estrés oxidativo intenso de la lactación y mejoran la transferencia inmunológica a los lechones.

El impacto económico de optimizar la nutrición en lactación es multiplicativo: cada 100 gramos adicionales de ganancia diaria de los lechones lactantes representan aproximadamente 2.5 kg más de peso al destete por camada, adelantando 3-5 días el tiempo a mercado y mejorando significativamente la viabilidad y uniformidad del lote. Simultáneamente, minimizar la pérdida de condición corporal de la cerda asegura rápido retorno al estro (4-7 días post-destete), altas tasas de concepción (85-92%) y óptimo tamaño de camada subsecuente, maximizando la productividad anual por cerda (lechones destetados por hembra por año).

Nutrición de verracos (machos reproductores)

Los verracos representan el 50% de la genética del hato reproductivo, aunque frecuentemente su nutrición es subestimada. Un verraco bien manejado puede servir efectivamente 20-30 hembras en monta natural o producir 40-60 dosis seminales semanales en sistemas de inseminación artificial, representando un valor genético y económico extraordinario que justifica ampliamente programas nutricionales especializados.

Los requerimientos nutricionales de los verracos adultos (180-250 kg de peso vivo) requieren alimentación controlada de 2.5-3.5 kg diarios con 13-15% de proteína cruda y 2.8-3.0 Mcal/kg de energía metabolizable. A diferencia de las hembras que experimentan ciclos reproductivos con demandas variables, los verracos requieren condición corporal estable y consistente durante toda su vida productiva.

El control riguroso de la condición corporal es absolutamente crítico: verracos obesos presentan reducción de libido, problemas locomotores que dificultan la monta, reducción de la calidad seminal (concentración, motilidad, morfología) y menor termorregulación testicular que afecta la espermatogénesis. Verracos excesivamente delgados muestran pérdida de vigor, reducción de la producción espermática y menor persistencia en el servicio.

La suplementación específica para verracos enfatiza nutrientes críticos para la función reproductiva: vitamina E (150-250 UI/kg) y selenio orgánico (0.3-0.5 ppm) que actúan sinérgicamente como antioxidantes protegiendo la integridad de las membranas espermáticas del daño oxidativo. Los espermatozoides, debido a su alta proporción de ácidos grasos poliinsaturados en la membrana celular, son particularmente vulnerables a la peroxidación lipídica que reduce drásticamente la motilidad, viabilidad y capacidad fertilizante.

La deficiencia de vitamina E y selenio se manifiesta en deterioro progresivo de la calidad seminal: reducción de la concentración espermática (30-50%), disminución de la motilidad progresiva, incremento de anomalías morfológicas (cabezas deformadas, colas enrolladas, gota citoplasmática) y reducción de la capacidad fertilizante in vivo. Estos efectos son particularmente críticos en sistemas de inseminación artificial donde cada eyaculado debe procesarse en múltiples dosis manteniendo estándares mínimos de calidad (80% motilidad, 70% morfología normal, 3-4 mil millones de espermatozoides por dosis).

El zinc orgánico (120-150 ppm totales, con 40-60 ppm de fuentes orgánicas) desempeña funciones esenciales en la espermatogénesis, síntesis de testosterona y maduración espermática en el epidídimo. La deficiencia de zinc reduce significativamente el volumen seminal, la concentración espermática y la libido. Manganeseo participa en la síntesis de esteroides sexuales y la función testicular normal.

Los ácidos grasos omega-3 (DHA y EPA) de fuentes como aceite de pescado o algas mejoran la fluidez de la membrana espermática, incrementando la motilidad y la capacidad de fertilización. La inclusión de 1-3% de aceite de pescado en la dieta de verracos ha demostrado mejorar la resistencia espermática al choque térmico durante el procesamiento seminal y prolongar la viabilidad durante el almacenamiento refrigerado (3-5 días a 17°C).

La L-carnitina (50-125 ppm) mejora el metabolismo energético espermático, incrementando la motilidad progresiva y la resistencia al estrés oxidativo. Arginina, precursor del óxido nítrico, favorece la vasodilatación testicular y la función eréctil, siendo particularmente importante en verracos de alto uso.

Los verracos deben alimentarse individualmente con cantidades controladas ajustadas a su condición corporal, edad y frecuencia de uso. Verracos en uso intenso (3-4 servicios semanales o 2-3 colectas seminales) requieren el límite superior del rango (3.0-3.5 kg diarios), mientras que verracos en uso moderado o períodos de descanso requieren restricción al límite inferior (2.5-2.8 kg diarios). La alimentación debe proporcionarse en horario consistente, preferentemente después del servicio o colecta seminal para evitar competencia digestiva con la función reproductiva. El acceso permanente a agua fresca y limpia es absolutamente crítico, con consumo típico de 12-18 litros diarios que aumenta significativamente en condiciones de calor.

La inversión en nutrición especializada de verracos representa un costo marginal mínimo considerando su potencial productivo. Un verraco que produce 50 dosis seminales semanales durante 100 semanas de vida productiva genera 5,000 dosis que pueden servir 5,000 hembras, produciendo potencialmente 50,000- concluye las estrategias de manejo alimenticio de los verracos

La alimentación debe proporcionarse en horario consistente, preferentemente después del servicio o colecta seminal para evitar competencia digestiva con la función reproductiva. El acceso permanente a agua fresca y limpia es absolutamente crítico, con consumo típico de 12-18 litros diarios que aumenta significativamente en condiciones de calor.

Durante períodos de calor intenso (temperaturas superiores a 28°C), es fundamental incrementar la densidad nutricional del alimento y proporcionar alimentación en las horas más frescas del día (temprano en la mañana o tarde-noche). El estrés térmico afecta severamente la espermatogénesis, con efectos que se manifiestan 4-6 semanas después de la exposición al calor debido al ciclo

espermatogénico de 35-40 días en el cerdo. La suplementación adicional de electrolitos y vitaminas antioxidantes durante estos períodos críticos minimiza el daño a la producción espermática.

Los verracos jóvenes en entrenamiento (8-10 meses de edad) requieren atención nutricional especial, proporcionando 3.0-3.5 kg diarios de una formulación con mayor contenido proteico (15-16%) para sostener simultáneamente el crecimiento residual y el desarrollo de la función reproductiva. La subnutrición durante esta fase crítica puede comprometer permanentemente el desarrollo testicular y la capacidad espermática futura.

Los verracos senior (mayores de 3 años) frecuentemente requieren ajustes nutricionales individualizados, con énfasis en la salud articular mediante glucosamina, condroitina y ácidos grasos omega-3 que reducen la inflamación y mantienen la movilidad necesaria para el servicio efectivo. La suplementación con L-carnitina y coenzima Q10 en verracos mayores ayuda a mantener el vigor y la calidad seminal que naturalmente tiende a declinar con la edad.

La inversión en nutrición especializada de verracos representa un costo marginal mínimo considerando su potencial productivo. Un verraco que produce 50 dosis seminales semanales durante 100 semanas de vida productiva genera 5,000 dosis que pueden servir 5,000 hembras, produciendo potencialmente 50,000-65,000 lechones destetados. El costo adicional de suplementación especializada (vitamina E, selenio orgánico, zinc) representa aproximadamente \$2.7-\$4.25 diarios, totalizando menos de \$1,700 anuales, inversión insignificante comparada con el valor genético y productivo que representa.

Cada punto porcentual de mejora en fertilidad o cada 0.1 lechones adicionales por camada atribuibles a mejor calidad seminal se multiplican por las cientos o miles de hembras servidas anualmente por el verraco, generando retornos económicos extraordinariamente superiores a la inversión nutricional. Además, la extensión de la vida productiva del verraco de 2 a 3 años mediante nutrición

optimizada y manejo adecuado reduce significativamente los costos de reemplazo y permite mayor retorno de la inversión genética inicial.

La comprensión clara de las diferencias fundamentales entre los programas nutricionales para engorda versus pie de cría es esencial para la correcta implementación y justificación del proyecto:

Los cerdos de engorda tienen un objetivo único, lineal y a corto plazo: máximo crecimiento en mínimo tiempo. Cada día representa un costo operativo que debe minimizarse. En contraste, los reproductores tienen objetivos múltiples, cíclicos y a largo plazo: fertilidad, prolificidad, calidad de descendencia, longevidad productiva. El horizonte temporal es radicalmente diferente: 5-6 meses para engorda versus 3-5 años de vida productiva para reproductores.

La nutrición de engorda busca maximizar absolutamente el consumo de alimento (*ad libitum* en la mayoría de casos), mientras que la nutrición de reproductores se basa en restricción controlada. Esta diferencia fundamental refleja las biología divergentes: la glotonería del cerdo joven favorece el crecimiento rápido; la restricción moderada en reproductores previene obesidad que sabotea la fertilidad y la longevidad reproductiva.

Los cerdos de engorda requieren 3.2-3.4 Mcal/kg de energía metabolizable que optimiza la conversión alimenticia, mientras que reproductores en gestación requieren solamente 3.0 Mcal/kg, reflejando menor requerimiento energético durante esta etapa. La proteína en engorda fluctúa 14-20% según fase, mientras en reproductores oscila más moderadamente 13-19% según etapa reproductiva. En cerdos de engorda, la acumulación progresiva de grasa es tolerada e incluso esperada en la fase final, maximizando el peso a sacrificio. En reproductores, la condición corporal es crítica y debe mantenerse dentro de rangos específicos: demasiada grasa compromete fertilidad, parto y longevidad; muy poca reduce capacidad reproductiva y calidad de descendencia. El margen óptimo es estrecho, requiriendo ajustes frecuentes.

Mientras que engorda utiliza fibra moderada (6-10%) para favorecer digestibilidad y velocidad de tránsito, gestación requiere alta fibra (15-20%) que promueve

saciedad, reduce comportamientos anómalos y mejora salud intestinal. Esta diferencia fundamental surge de contextos productivos completamente distintos: movimiento constante en engorda versus confinamiento intenso en gestación.

Resumen de suplementación especializada

Cuadro 1. Comparativa de suplementación nutricional entre cerdos de engorda y pie de cría

Nutriente	Engorda	Pie de Cría	Justificación
Vitamina E/Selenio	Moderado (100-150 UI/mg)	Alto (150-250 UI/mg)	Función reproductiva y inmunidad materna
Ácido Fólico	Mínimo	Alto (5-10 mg/kg)	Desarrollo embrionario y viabilidad fetal
Minerales Orgánicos	Opcional	Crítico (40-60%)	Fertilidad y absorción reproductiva
Aminoácidos sintéticos	Lisina, Met+Cis	Lisina, Met+Cis, Tre, Trp, Val, Arg	Producción láctea y función sexual
Ácidos Grasos Omega-3	Opcional	Verracos (1-3%)	Calidad seminal y fertilidad
Zinc/Manganeso	Moderado	Alto	Desarrollo sexual y función reproductiva

Fuente: elaboración propia

La alimentación de engorda debe ser optimizada para lograr un mínimo costo por kg de ganancia, enfatizando eficiencia económica y uso de ingredientes económicos. El costo de alimento representa 65-75% de los costos totales de engorda, justificando formulaciones que buscan máxima conversión económica. En reproductores, el paradigma es radicalmente diferente: la alimentación debe optimizarse para lograr la máxima productividad reproductiva por unidad de vida productiva, no por mínimo costo inmediato. Un gasto adicional de \$34-\$51 mensuales en suplementación especializada de una cerda gestante que producirá 100+ lechones destetados es económicamente trivial comparado con el retorno generado. El costo de alimento en reproductores representa solamente 30-40% de los costos totales, permitiendo mayor flexibilidad para invertir en calidad nutricional.

Los cerdos de engorda responden inmediatamente a cambios nutricionales en ganancia de peso y conversión alimenticia, permitiendo ajustes rápidos. Los

reproductores presentan lag time significativo: cambios en nutrición gestacional se reflejan en calidad de lechones al nacimiento; cambios en nutrición de lactación impactan la concepción subsecuente; cambios en nutrición de verracos se manifiestan en calidad seminal después de 5-6 semanas. Esta característica requiere planificación y previsión nutricional con mayor anticipación.

Los programas nutricionales diferenciados tienen implicaciones ambientales importantes. La alimentación de engorda optimizada reduce consumo excesivo de alimento, disminuyendo la excreción de nitrógeno y fósforo en 15-25% comparado con formulaciones subóptimas. Esto reduce significativamente la contaminación de acuíferos y eutrofización de cuerpos de agua.

La restricción alimenticia de reproductores en gestación (2.0-2.5 kg versus 5-6 kg de consumo potencial) representa reducción dramática del impacto ambiental durante 114 días del ciclo reproductivo. A nivel de proyecto, esto se traduce en menor huella ambiental por lechón producido, factor cada vez más crítico para la aprobación regulatoria y certificaciones de sostenibilidad que demanda el mercado.

La implementación simultánea de programas nutricionales especializados para engorda y pie de cría genera efectos sinérgicos que potencian los resultados individuales. Un proyecto porcícola integrado que combina ambas líneas productivas logra:

1. Optimización de flujo de caja:

- Cerdos de engorda generan ingresos cada 5-6 meses con márgenes variables según precio de mercado
- Reproductoras generan ingresos constantes y predecibles mensualmente mediante venta de lechones destetados
- Esta diversificación reduce riesgo y estabiliza flujos económicos, facilitando la obtención de financiamiento y crédito

2. Eficiencia de instalaciones y mano de obra:

- Sistemas todo dentro-todo fuera aplicados a engorda combinados con ciclo continuo de reproducción optimizan la ocupación de instalaciones

- Una sola unidad de gestión y supervisión atiende ambas líneas con eficiencias de escala en servicios veterinarios, administrativos y de infraestructura
- Economías de escala en compra de insumos: formulaciones de alimento comparten ingredientes básicos, permitiendo negociaciones de mayor volumen a mejores precios

3. Bioseguridad integrada:

- Los mismos protocolos de sanitación sirven ambas líneas, reduciendo costos de implementación
- Control genético integrado optimiza la selección en reproductoras para características que mejoran desempeño en engorda (conversión
- Trazabilidad completa desde el nacimiento hasta el sacrificio facilita la identificación y control de problemas de salud, permitiendo ajustes nutricionales preventivos
- Reducción de patógenos circulantes mediante bioseguridad compartida mejora la salud general del hato, reduciendo la necesidad de antimicrobianos y mejorando la respuesta a programas nutricionales

4. Mejora genética continua:

- Los lechones destetados de reproductoras bien nutridas presentan mejor peso al destete, uniformidad y salud inicial, mejorando su desempeño en engorda
- Selección de hembras de reemplazo basada en datos de progenie en engorda (conversión, ganancia, calidad de canal) cierra el círculo de mejora genética
- Verracos con excelente calidad seminal derivada de nutrición especializada transmiten caracteres productivos que se manifiestan en mejor desempeño de la descendencia
- Este ciclo virtuoso de mejora genética acumulativa incrementa la productividad 2-3% anualmente, efecto que se compone exponencialmente a lo largo de años

5. Mitigación de riesgos de mercado:

- Fluctuaciones en precio de carne (principal ingreso de engorda) se compensan parcialmente con estabilidad relativa de precio de lechones destetados
- Capacidad para ajustar rápidamente la estructura productiva: reducir engorda y mantener reproducción en mercados bajos; expandir engorda en mercados altos
- Diversificación permite ofertar productos múltiples: carne fresca, productos procesados de mayor valor agregado, lechones de calidad para otros productores

Indicadores de desempeño y metas alcanzables

La implementación rigurosa de programas nutricionales diferenciados permite alcanzar indicadores de desempeño que justifican plenamente la inversión inicial y operativa

Indicadores de engorda:

- Ganancia diaria de peso: 800-900 g/día (objetivo conservador, 900-950 g/día con genética moderna)
- Conversión alimenticia: 2.7-3.0:1 (mejora de 5-8% respecto a formulaciones genéricas)
- Edad al sacrificio: 160-170 días (reducción de 10-15 días respecto a prácticas subóptimas)
- Mortalidad: <2% (versus 3-5% sin nutrición adecuada)
- Calidad de canal: 60-62% de rendimiento en carnicería (mejora de 1-2% en canal magra)
- Estos indicadores traducidos a económica: un costo de alimento reducido de \$136-\$204 por cerdo sacrificado, ciclo productivo acelerado que libera instalaciones para 40-50 cerdos adicionales anuales por sala de engorda, e incremento de valor de canal por mejor composición.

Indicadores de reproducción:

- Hembras: 22-24 lechones destetados por cerda por año (versus 18-20 sin programa nutricional especializado)
- Verracos: 95%+ fertilidad a inseminación artificial, 85%+ tasa de concepción
- Tamaño de camada: 12.0-13.5 lechones nacidos vivos (mejora de 0.8-1.2 lechones)
- Mortalidad pre-destete: <8-10% (versus 12-15% sin nutrición maternal optimizada)
- Peso al destete: 7.0-7.5 kg (mejora de 500-800 gramos por lechón)
- Longevidad: 4-5 partos promedio por cerda (versus 3-3)
- completa desde los indicadores de reproducción de longevidad

Estos indicadores de reproducción traducidos a nivel económico representan: producción de 220-240 lechones destetados anuales por cerda (versus 180-200 sin programa especializado), inversión diluida en 4-5 partos en lugar de 3-3.5, reducción de costos de reemplazo genético, y mayor estabilidad del hato reproductor.

Indicadores económicos integrados

- Costo total de producción por lechón destetado: \$255-\$306 (versus \$306-374 sin programa nutricional)
- Margen sobre alimento: \$136-4204 por cerdo de engorda al sacrificio (mejora de 15-25%)
- Retorno sobre inversión en nutrición especializada: 300-400% anual
- Punto de equilibrio en reproductoras: 18-20 lechones destetados anuales (alcanzable con nutrición óptima)
- Generación de caja operativa suficiente para financiar reinversión en mejora genética, infraestructura y capital de trabajo

Beneficios no cuantificables pero críticos

Más allá de indicadores numéricos, la implementación de programas nutricionales especializados genera beneficios intangibles que fortalecen significativamente la viabilidad del proyecto:

Credibilidad y posicionamiento de mercado: Un proyecto con programas nutricionales basados en principios científicos y datos demostrables proyecta profesionalismo y compromiso con calidad. Esta reputación permite: acceso a mejores precios por cerdos de engorda de calidad premium, preferencia en compra de lechones destetados por parte de otros productores, facilidad para obtención de certificaciones (orgánico, libre de antibióticos, bienestar animal) que premian mercados internacionales.

Bienestar animal y sostenibilidad: Programas nutricionales optimizados reducen comportamientos estereotipados derivados de frustración nutricional, mejoran salud intestinal, reducen incidencia de problemas locomotores y metabólicos. Esto se traduce en menor sufrimiento animal, mejor imagen corporativa, cumplimiento de regulaciones cada vez más estrictas sobre bienestar, y acceso a mercados premium que demandan certificaciones de producción responsable.

Autonomía operativa y resiliencia: Un proyecto con programas nutricionales bien documentados, basados en datos locales y adaptados a recursos disponibles, desarrolla capacidad interna de decisión independiente de consultores externos. Esto genera: mayor control de costos, capacidad de adaptación rápida a cambios de mercado o disponibilidad de ingredientes, reducción de dependencia de proveedores únicos, y fortalecimiento de capacidades del equipo técnico interno.

Atracción de financiamiento: Inversionistas y entidades financieras evalúan favorablemente proyectos con soportes técnicos robustos. Un programa nutricional diferenciado y bien documentado: mejora la evaluación crediticia, facilita obtención de financiamiento a tasas preferenciales, aumenta confianza de inversionistas en sostenibilidad del proyecto, y genera datos para modelamiento financiero más preciso.

La implementación rigurosa de un sistema de monitoreo es fundamental para validar que el programa nutricional genera beneficios esperados, considerando los siguientes indicadores:

Indicadores de engorda a monitorear:

- Consumo de alimento diario por cerdo (kg/día)
- Ganancia de peso semanal (g/día)
- Conversión alimenticia (kg alimento/kg ganancia) cada 2 semanas
- Mortalidad y morbilidad diaria
- Condición corporal visual al sacrificio (espesor de grasa dorsal)
- Peso vivo al sacrificio y rendimiento en carnicería
- Prevalencia de problemas locomotores o digestivos
- Calidad de carcasa (clasificación SEUROP o equivalente local)

Los registros deben mantenerse por lote con identificación clara de fechas, formulación utilizada, proveedor de alimento, condiciones ambientales, problemas de salud e incidentes notables. Base de datos informatizada permite análisis de tendencias, identificación de problemas y cálculo de KPIs (Key Performance Indicators o indicadores clave de desempeño).

Indicadores de reproducción a monitorear:

- Hembras de reemplazo: edad al primer estro, edad al primer parto, condición corporal pre-cubrición
- Gestantes: consumo de alimento diario, cambios de peso corporal cada 4 semanas, incidencia de problemas (paresia, edema)
- Lactantes: consumo de alimento (máximo diario alcanzado), pérdida de peso durante lactación, producción estimada de leche (ganancia de lechones)
- Destetadas: intervalo destete-estro, tasa de retorno a estro a 7 días, tasa de concepción a primera inseminación
- Camadas: tamaño nacidos totales y vivos, peso promedio al nacimiento, uniformidad, mortalidad pre-destete

- Verracos: libido, volumen seminal, concentración espermática, motilidad, morfología normal

La evaluación seminal de verracos recomendada mensualmente mediante colecta manual (electroejaculación) o sistema de maniquí, con análisis en laboratorio local o envío a laboratorio de referencia regional.

El éxito de cualquier programa nutricional depende críticamente de la comprensión y compromiso del personal operativo. Por lo anterior se recomienda una capacitación inicial (taller de 2-3 días para técnicos y operarios sobre principios de nutrición porcina, importancia de la diferenciación por categoría, manejo de alimento como almacenamiento, evitación de contaminación y el reconocimiento de problemas nutricionales, uso del sistema de monitoreo. De igual manera una capacitación continua, mediante reuniones mensuales de revisión de desempeño, análisis de problemas, ajustes de manejo basados en datos, actualización de conocimientos.

Es fundamental una documentación clara de los procedimientos operativos estándar escritos y disponibles en forma clara y visual, incluyendo cronogramas de cambio de dietas, cantidades de alimento por categoría, horarios de alimentación, signos de alerta nutricional. Contar con personal capacitado y motivado reduce errores de manejo (mezcla incorrecta de alimento, cantidades equivocadas, contaminación), mejora la observación de problemas incipientes, y facilita la adopción de mejoras continuas.

Es importante establecer una relación contractual clara que especifique: formulaciones exactas, tolerancias de análisis químico, calidad de ingredientes, consistencia lote-a-lote, servicios de asesoría técnica, capacitación periódica

Riesgos potenciales y mitigación

1. Riesgo de volatilidad de precios de ingredientes:

Las fluctuaciones en precios de cereales (maíz, sorgo) y proteínas (soja, harina de pescado) pueden comprometer la viabilidad económica del programa. Se pueden mitigar con formulaciones flexibles que permitan cambio de ingredientes sin alterar perfil nutricional (ej: maíz vs sorgo, soja vs girasol). El aumento de la eficiencia nutricional reduce consumo total de alimento, amortiguando impacto de precios altos

2. Riesgo de problemas de salud derivados de cambios nutricionales:

Aunque cambios graduales minimizan riesgo, modificaciones en nutrición pueden precipitar problemas digestivos, diarreas, o desórdenes metabólicos. Estos se pueden mitigar mediante transiciones graduales de dietas (7-10 días mínimo), la inclusión de prebióticos (inulina, fructooligosacáridos) y probióticos durante estas.

3. Riesgo de falta de aceptación o cumplimiento del programa:

El personal operativo puede no adoptar plenamente el programa si no comprende su importancia o si percibe complejidad excesiva. Es importante una comunicación clara y frecuente de objetivos, beneficios esperados y resultados logrados; la participación del equipo en diseño e implementación del programa y el reconocimiento y bonificación por logro de indicadores de desempeño

4. Riesgo de inconsistencia de calidad de alimento:

La variabilidad lote-a-lote en composición nutricional puede afectar desempeño e impedir validación clara del programa. Este puede enfrentarse mediante especificaciones contractuales claras con molino/proveedor incluyendo tolerancias máximas de variación.

Las relaciones de largo plazo con proveedores confiables vs búsqueda de precio mínimo.

5. Riesgo de cambios de mercado que alteren objetivos:

Los cambios en demanda de mercado (preferencia por carne más magra o más grasa, restricciones regulatorias) pueden requerir ajustes nutricionales. Se recomienda promover programas nutricionales diseñados con flexibilidad para adaptación rápida, el monitoreo continuo de tendencias de mercado y regulaciones y las relaciones con clientes clave que proporcionen inteligencia

temprana de cambios. Es fundamental la capacidad técnica interna para ajustar formulaciones sin dependencia crítica de consultores externos

Alimentación con maíz

Según Hurtado et al. (2011), los cereales constituyen la principal fuente de energía en las dietas para cerdos y participan en una elevada proporción dentro de los alimentos balanceados. No obstante, la disponibilidad y el incremento en los costos de las materias primas convencionales han impulsado la búsqueda de alternativas que permitan reducir los gastos de alimentación y mantener un adecuado desempeño productivo.

Entre las materias primas utilizadas en la alimentación porcina se encuentran el maíz, el trigo y diversos subproductos derivados del procesamiento de cereales, como los quebrados de arroz y la harina de arroz integral. Estos ingredientes provienen de la industrialización destinada al consumo humano y representan una alternativa viable para la formulación de raciones en animales monogástricos (Hurtado *et al.*, 2011).

Tradicionalmente, el maíz ha sido el ingrediente energético más utilizado en las dietas para cerdos debido a su elevado contenido de energía y alta digestibilidad. Sin embargo, las variaciones en su disponibilidad y precio han promovido la evaluación de otros cereales y subproductos agroindustriales como fuentes alternativas de alimentación (Kim et al., 2024).

En este sentido, Silva *et al.* (2004) señalaron que la sustitución del maíz por arroz partido en dietas para cerdos en crecimiento y finalización no ocasionó diferencias significativas en la ganancia diaria de peso ni en la conversión alimenticia. De manera similar, Marrero *et al.* (2005) determinaron que el maíz puede ser reemplazado totalmente por arroz en dietas para cerdos en crecimiento, obteniéndose ganancias de peso satisfactorias.

Asimismo, diversos estudios han demostrado la posibilidad de incorporar otros subproductos agroindustriales en la alimentación porcina. Brum y Queirera (2006), así como Moreira *et al.*, (2003), mencionan que ingredientes como el arroz y la harina de arroz integral pueden emplearse como sustitutos parciales de

los ingredientes convencionales, sin afectar el rendimiento productivo de los animales.

Actualmente, existe un creciente interés por el uso de materias primas alternativas y subproductos de cereales que permitan disminuir los costos de producción y mejorar la sostenibilidad de los sistemas porcinos. En este contexto, la evaluación de ingredientes derivados del trigo representa una estrategia prometedora para reducir la dependencia del maíz y optimizar la eficiencia alimenticia de los cerdos (Torres-Pitarch *et al.*, 2021; Kim *et al.*, 2024). Diversos autores también señalan que puede haber subproductos que pueden ser sustituidos por otros alimentos, tales como el uso arroz y harina integral para cerdos (Brum y Quirera, 2006; Moreira *et al.*, 2003).

Alimentación con CEMA

El maíz ha sido tradicionalmente uno de los ingredientes energéticos más utilizados en la alimentación porcina debido a su alta digestibilidad y a su capacidad para satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales. Sin embargo, las fluctuaciones en su disponibilidad y el incremento en su costo han impulsado la búsqueda de materias primas alternativas que permitan reducir los gastos de producción y mantener un adecuado desempeño productivo (Rojas, 2017).

En este contexto, la cema constituye un subproducto derivado del proceso de molienda del grano de trigo maduro, ya sea entero o fragmentado, siempre que cumpla con características de calidad como limpieza, sanidad y bajo contenido de humedad. Este ingrediente está conformado por diferentes fracciones del grano, incluyendo el salvado, partículas del endospermo y el germen, lo que le confiere un mayor contenido de fibra y una importante concentración de nutrientes (Rosenfelder, 2013).

Debido a sus características nutricionales, la cema es utilizada en la alimentación animal como una fuente alternativa de nutrientes y fibra. Además, su

disponibilidad y menor costo en comparación con algunos ingredientes convencionales han favorecido su incorporación en las dietas de diversas especies pecuarias, representando una opción para disminuir los costos de alimentación y aprovechar los subproductos generados por la industria molinera (Casas, 2018).

En consecuencia, el uso de subproductos derivados del trigo ha despertado un creciente interés en la nutrición porcina, debido a su potencial para sustituir parcialmente algunos ingredientes tradicionales y contribuir al desarrollo de sistemas de producción más eficientes y sostenibles.

La cema, es un derivado de la molienda del grano de trigo maduro, ya sea entero o quebrado, y que cumpla con las especificaciones adecuadas como estar limpio, sano y seco, y es ampliamente utilizado en la alimentación animal como fuente principal de fibra (Comercializadora Llabana, 2022) (Figura 3).

Cuadro 2. Información nutrimental de la cema

Fuente	%
Proteína de trigo	17
Humedad	11
Fibra	9.26
Cenizas	5.33

Fuente: Comercializadora Llabana, 2022.

Por otra parte, El Sol Frijolero (2021), menciona que la cema, es una parte de la molienda de los granos de cereales, y procedente de las cinco capas externas del grano de trigo (Figura 4), cuya información nutrimental es la siguiente:

Cuadro 3. Información adicional de la cema

Fuente	Descripción
Valor nutricional	Proteína 11.9 %, extracto etéreo 3.6 %, fibra cruda 8.9 %, cenizas 4 %, humedad 13 %
Propiedades	El trigo, posee una alta concentración de carbohidratos
Beneficios	Producto de alto contenido de fibra en forma granular color café rojizo, amarillo y blanco cremoso, obtenido a partir de trigos enteros
En los alimentos	La CEMA, es un derivado de la molienda del grano de trigo maduro, y es una fuente de fibra
Presentación	Bulto, 5 y 1 kg

Fuente: El Sol Frijolero, 2021.

Figura 2. Costal o bulto de CEMA Semillina®, para su venta en el mercado.



Fuente: Alabana. (s.f.).

Figura 3. Presentación de cema Semillina triturada.



Fuente: Alabana (s.f.).

Valor nutricional del trigo en alimentación animal

De acuerdo a Chaquilla-Quilca *et al.*, (2018), el trigo es uno de los cereales con mayor contenido proteico, y que está disponible para la alimentación animal, y es superior a la alimentación con maíz, por lo que es mucho mejor alimentar el animal con trigo en lugar de maíz. Su almidón (polisacárido digerible), constituye el carbohidrato más abundante del grano del trigo.

Es muy recomendable que el trigo contenga menos del 14 % de humedad, para evitar problemas relacionados con la digestión y la contaminación de hongos productores de mico toxinas. Además, el trigo posee un bajo valor de lípidos, en comparación con el maíz, por lo que es importante ya que reduce su enranciamiento, por lo que lo hace más apropiado para su almacenaje y comercialización. Así como también, el trigo puede incrementar la palatabilidad. El trigo presenta valores de fibra de 11 %, superiores al compararlos con el maíz (Cuadro 3).

Cuadro 4. Valores nutricionales del salvado de trigo

Compuesto	Cantidad	Unidad
Proteína	9.9 – 18.6	
Humedad	11.6 – 12	
Lípidos	5 – 6.3	% (p / p)
Cenizas	5.7 – 6.5	
Fibra dietaria total	36 – 63	
Almidón	21.1 – 38.9	
Fibra total	35.7 – 53.4	
Celulosa	6.5 – 9.9	g / 100 g
Hemicelulosa	20.8 – 33	
Lignina	2.2 – 9	

Fuente: Chaquilla-Quilca et al., 2018.

Uso del trigo en producción de porcinos

El salvado de trigo se ha utilizado en la alimentación del cerdo, por sus cualidades y propiedades nutricionales, y por la buena digestión de los porcinos. Y que, además, se agrega a la dieta del cerdo por su contribución a la salud intestinal y a la mejora de la micro-biota.

Las bacterias presentes en el intestino del cerdo, puede fermentar la fibra para producir ácidos grasos volátiles, ya que estos compuestos son aprovechados como fuente de energía. No obstante, se recomienda que el salvado de trigo en la dieta del cerdo se complemente con productos enzimáticos que mejoren la digestibilidad (Martínez-Aispuro, 2017) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores máximos de trigo en la dieta de cerdos

Etapa productiva	Porcentaje máximo de trigo en la dieta (%)
Pre-inicio (< 28 días)	30
Inicio (28 – 70 días)	35
Cebo (> 70 días)	45
Gestación	40
Lactancia	40

Fuente: Blas et al., 2019.

Además, el trigo es una de las materias primas más utilizadas en todo el mundo, tanto como para los humanos como para los animales, y se encuentra ubicado entre los tres cereales más producidos en todo el mundo junto con el maíz y el arroz, perteneciente al género *Triticum* spp., de la familia Poaceae o Gramínea, que son considerados como el grupo más importante en la alimentación en el mundo (Comercializadora Llámana, 2022).

Ventajas de la cema

Para pie de cría:

- Balance nutricional completo: Contiene vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales
- Control reproductivo: Mejor condición corporal y fertilidad
- Salud ósea: Aporte adecuado de calcio y fósforo
- Calidad de leche: En lactancia, mejora composición nutricional

Para engorda:

- Ganancia de peso eficiente: Formulado para máximo crecimiento
- Conversión alimenticia mejorada: Menos alimento por kilo ganado
- Calidad de carne: Mayor uniformidad en características carniceras
- Velocidad de crecimiento: Favorece ritmo de engorda acelerado

Ventajas del maíz

- Costo económico: Generalmente más accesible
 - Disponibilidad local: Fácil de conseguir en muchas regiones
 - Energía concentrada: Excelente fuente calórica
 - Palatabilidad: Los cerdos lo consumen con entusiasmo
- Ventajas de sustituir maíz por cema en pie de cría

Nutrición y desempeño reproductivo

- Mayor precisión nutricional: raciones mejor balanceadas en proteína y aminoácidos, importantes para la reproducción (tamaño de camada, producción de leche, condición corporal).
- Mejora en condición corporal de cerdas gestantes y lactantes, si se formula adecuadamente.
- Posible mejoría en tasa de concepción, menor intervalo destete–celo y camadas más homogéneas, gracias a una dieta más equilibrada.

Salud y bienestar

- Menor riesgo de deficiencias minerales y vitamínicas, que afectan patas, reproducción, inmunidad.
- Posible reducción de problemas digestivos si la cema incluye fibra funcional y aditivos (enzimas, probióticos).

Manejo y logística

- Simplificación de la formulación en la granja: se reduce el número de ingredientes a mezclar.
- Mayor estandarización del alimento entre lotes, facilitando el manejo y el control de resultados productivos.
- Ahorro de tiempo en las operaciones de molienda y mezclado, si se utilizan raciones casi completas.

Control de calidad

La cema suele estar sujeto a controles industriales de micotoxinas, humedad y contaminación, que pueden ser más rigurosos que los aplicados a granos almacenados en la granja.

Desventajas y riesgos de sustituir maíz por cema

Costos

- Precio por tonelada de la cema suele ser más alto que el del maíz, especialmente cuando los granos son producidos en la propia finca.
- La rentabilidad depende de si la mejora en parámetros productivos (más lechones destetados, mejor conversión, menos descartes) compensa el mayor costo del alimento.

Dependencia de proveedores

- Mayor dependencia de un único proveedor o de una red de distribuidores para el suministro continuo de cema.
- Riesgo de problemas de abastecimiento (demoras, quiebres de stock) que afecten la continuidad de la alimentación.
- Menor flexibilidad para formular dietas alternativas si suben los precios de la cema.

Menor control fino de la fórmula

- Al usar un producto definido por el fabricante, se pierde parte del control directo sobre la formulación (proporción exacta de maíz, soya, etc.).
- Si las condiciones de la granja cambian (genética, objetivo productivo, etapa fisiológica), adaptarse puede ser más lento, porque se depende de cambios en la línea de productos del proveedor.

Riesgos de formulación inadecuada

- Si la cema no está específicamente diseñada para pie de cría (por ejemplo, si está dirigido a cerdos de engorde) puede no cubrir totalmente los requerimientos reproductivos.

- Una selección incorrecta del producto o uso en una proporción inadecuada puede resultar en sobre condición (cerdas muy gordas) o pérdida de condición corporal con impacto negativo en fertilidad y longevidad de las cerdas.

Beneficios de la sustitución de la alimentación tradicional de los cerdos

De acuerdo con Hassan *et al.*, (2008), mencionan que el trigo es un subproducto en la producción de la harina de trigo que es utilizada en la dieta de los cerdos, y que se caracteriza por su alto nivel de fibra, la cual es extremadamente resistente a la degradación en el intestino (Noblet y Le Goff, 2001).

Por su parte, Molist *et al.*, (2011), mencionan que el salvado de trigo se incorpora en la alimentación de cerdos recién destetados, por que mejoran la salud intestinal, modulando la actividad y la composición de la microflora intestinal. Martínez-Aispuro *et al.*, (2023), mencionan que los beneficios de dietas altas en fibra favorecen una rápida adaptación de los cerdos recién destetados al nuevo tipo de alimentación, reflejándose en un mejor comportamiento productivo.

Hurtado *et al.*, (2011), lograron observar que la sustitución de 50 % del maíz por harina de arroz integral no ha afectado la ganancia de peso de los animales. Sin embargo, se tendría una mejora en la conversión alimenticia con la sustitución parcial del maíz por arroz partido, para un mejor aprovechamiento de los nutrientes debido al ligero incremento en los valores de proteína, favoreciendo mayor formación de tejido en esta fase de desarrollo.

La sustitución de maíz por cema en cerdos de pie de cría ofrece ventajas claras en precisión nutricional, estandarización y facilidad de manejo, lo que potencialmente mejora la reproducción y la sanidad. Sin embargo, implica mayores costos directos y una mayor dependencia de proveedores externos, además de menor flexibilidad en la formulación interna.

Costos de producción de cerdos

Según la FIRA (2019), menciona que, en un sistema tecnificado de cerdos, el alimento suele ser el más costoso para la producción, representando un 69.4 % del costo total de la producción. El segundo más importante es la mano de obra, representando el 10 %. En tercer lugar, suelen ser los aspectos sanitarios con un 5 %. En cuanto a los servicios (energía eléctrica) representa un 2.7 %. El costo de comercialización representa el 0.8 %, y el resto, engloba otros costos.

Cuadro 6. Costos de producción de pie de cría de cerdos

Costos de pie de cría					
Tipo de alimento	Consumo diario	Días	Consumo total	Precio (\$)	Costo total (\$)
Gestación	3.3	114	376	6.15	2,313.63
Lactantes	5.8	21	122	6.21	756.38
Secas	3.3	21	69	6.20	429.66
Etapas 1	0.3	21	6	8.29	52.23
Pre iniciador	0.9	30	27	8.00	216.00
Iniciación	1.1	30	33	7.00	231.00
Crecimiento	1.5	30	45	6.45	290.25
Desarrollo	2.5	30	75	6.15	461.25

Fuente: propia, 2026.

Cuadro 7. Costos de producción de cerdos de engorda

Engorda	
Días de engorda	117
Meses de engorda	5.7
Consumo de alimento kg	291.3
Conversión de alimento	2.5
Costo alimento / cerdo	\$ 1,885.98
Peso venta	120
\$ / kg	\$ 30.00
Venta de cerdo	\$ 3,600.00
Medicina y vacunas	\$ 300.00
Costo de cerdo / cría	\$ 388.85
Costo de cerdo por alimento	\$ 2,574.83
Utilidad del cerdo	\$ 1,025.17
Costo por kg	\$ 21.50

Fuente: propia, 2026.

PROYECTO DE EVALUACIÓN DEL USO DE CEMA VS MAÍZ EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS PARA PIE DE CRÍA

1. Datos básicos de la granja

Madres: 10 cerdas (Pietrain y Landrace o sus cruces).

Engorda: 40 cerdos.

Objetivo del proyecto:

Evaluar técnica y económicamente la sustitución del maíz por cema en la dieta de las 10 madres, analizando impacto en reproducción y costos, y definir si es conveniente adoptar cema de forma total, parcial o solo en ciertas etapas (gestación, lactancia).

2. Opciones de alimentación

Sistema actual (basado en maíz)

Maíz como fuente principal de energía.

Suplementación con:

Fuente proteica (ej. pasta de soya).

Núcleo vitamínico–mineral.

Mezcla y formulación en la misma granja o con un pequeño molino.

Sistema propuesto (cema sustituyendo maíz)

Uso de cema formulado para cerdas de pie de cría (gestación y lactancia).

Sustitución:

Total: casi todo el maíz se reemplaza por cema.

Parcial: parte del maíz se mantiene y se completa con cema.

Se busca mejorar balance de nutrientes con menor complejidad de formulación.

3. Diferencias, ventajas y desventajas

Diferencias clave

Maíz:

- Alta energía, baja proteína y aminoácidos.
- Necesita complementos y ajuste fino de la fórmula.

cema:

- Incluye energía, proteína, aminoácidos, minerales, vitaminas y aditivos.

Mayor uniformidad y precisión nutricional.

Ventajas de cema para pie de cría

- Mejor nutrición reproductiva
- Dietas más balanceadas para cerdas Pietrain/Landrace, que son genéticas exigentes.
- Potencial de:
- Mejor condición corporal en gestación y lactancia.
- Menor intervalo destete–celo.
- Camadas más uniformes.
- Manejo en una granja pequeña (10 madres)
- Menos ingredientes que comprar, almacenar y mezclar.
- Menor necesidad de equipo de molienda/mezclado o labor especializada.
- Facilita la elaboración de dietas diferenciadas:
- Ración de gestación.
- Ración de lactancia.
- Calidad más estable
- Menor variación entre lotes de alimento.
- Controles industriales que suelen reducir el riesgo de micotoxinas y mala conservación.

Desventajas y riesgos de cema

- Costo del alimento
- La cema, por tonelada, casi siempre es más caro que el maíz.
- En granjas pequeñas, el impacto del costo por cerda es directo y muy visible.
- Dependencia del proveedor
- Se depende de la disponibilidad y seriedad del proveedor de la cema.

- Si hay fallas de suministro, es necesario poder regresar rápidamente a la dieta con maíz.
- Menor flexibilidad de formulación propia
- Menos margen para ajustar la fórmula en función de:
- Cambios de precio de maíz o soya.
- Diferencias en condición corporal de tus cerdas.
- Riesgo si la cema no es específica para pie de cría
- Si se usa cema pensado para engorda en cerdas de cría:
- Se pueden engordar demasiado, con problemas de parto y fertilidad.
- quedar cortas de nutrientes en lactancia, afectando producción de leche.

4. Ejemplo económico simple

Suponiendo valores solo de referencia:

- Maíz: \$5/kg
- cema para pie de cría: \$8.5/kg
- Consumo típico por cerda (promedio diario, todo el año):
- Gestación (~115 días): 2,2 kg/día
- Lactancia (~21 días): 5 kg/día
- Vacío / otros días: 2,5 kg/día (promedio)
- Para simplificar, supongamos un consumo promedio anual de 3 kg/día/cerda.

Sistema con maíz (más suplementos)

Supongamos que el costo de la ración final basada en maíz (maíz + soya + núcleo) es:

- \$5.6/kg de alimento completo.
- Costo anual de alimentación por cerda:
- $3 \text{ kg/día} \times 365 \text{ días} \times \$5.6/\text{kg} = \$2044/\text{cerda/año}.$

Para 10 cerdas:

- $\$2044 \times 10 = \$20440/\text{año}$.
- 4.2. Sistema con cema

Si se usa cema como base y algunos ajustes menores, supongamos costo final:

- $\$8.5/\text{kg}$ de alimento completo.
- Costo anual de alimentación por cerda: $3 \text{ kg/día} \times 365 \text{ días} \times \$8.5/\text{kg} = \$3,102.5/\text{cerda/año}$.

Para 10 cerdas:

- $\$3,102 \times 10 = \$31,020/\text{año}$.

Diferencia de costo anual (para 10 madres): $\$31,020 - \$20,440 = \$10,540$ más al año.

Para que cema sea rentable, esa diferencia debería compensarse con:

- Más lechones destetados por cerda/año,
- Mayor peso y vigor de las camadas,
- Menos cerdas descartadas por problemas reproductivos,
- Mejor desempeño de los 40 cerdos en engorda (si también se ajusta su dieta).

5. Propuesta de prueba piloto en tu granja

Con solo 10 madres, es posible hacer un ensayo sencillo:

División de grupos

- Grupo A (5 cerdas): dieta tradicional con maíz + suplementos.
- Grupo B (5 cerdas): dieta con cema (sustitución parcial o total de maíz).

Duración mínima Ideal: 2 ciclos reproductivos completos por cerda (para ver efectos reales).

Indicadores por medir:

- Condición corporal (escala 1–5) en:
- Servicio, mitad de gestación, parto, destete.
- Tasa de concepción.

- Nacidos totales y nacidos vivos por camada.
- Lechones destetados por camada.
- Intervalo destete–celo.
- Problemas de parto, cojeras, pérdidas de condición excesiva en lactancia.
- Costo por lechón destetado
- Costo total de alimento del grupo / número total de lechones destetados.

Comparar Grupo A vs Grupo B.

Si, por ejemplo, el Grupo B (cema) desteta 1–2 lechones más por cerda/año que el Grupo A, puede compensar el mayor costo del alimento.

6. Conclusiones

Con 10 madres, las ventajas de manejo y precisión nutricional de la cema pueden ser importantes, porque no se necesita un sistema grande de molienda y mezclado. Se simplifica la gestión del alimento. Por lo tanto, la clave es verificar cuánto aumenta el costo anual de alimentación (como el ejemplo: unos 1.000 USD/año más, según tus precios reales). Cuánto mejoran tus resultados reproductivos (lechones destetados/cerda/año). Lo más recomendable es empezar con una sustitución parcial (ej. 50 % de la ración con CEMA y 50 % maíz + suplementos).

Prueba A/B con 5 y 5 cerdas y medir al menos un ciclo completo

- Precio maíz: 5 \$/kg
- Precio CEMA: 8,5 \$/kg
- Consumo diario total (10 cerdas): 200 kg/día
- 12 lechones por camada × 10 cerdas = 120 lechones por camada

Costo diario de alimentación (10 cerdas)

Solo con maíz (simplificado, sin otros insumos)

$200 \text{ kg/día} \times 5 \text{ \$/kg} = 1,000 \text{ \$/día}$

Solo con CEMA

$$200 \text{ kg/día} \times 8,5 \text{ \$/kg} = 1.700 \text{ \$/día}$$

Diferencia diaria:

$$\$1,700 - \$1,000 = \$700 \text{ más por día usando cema.}$$

Costo por camada (suponiendo 114 días de gestación + 21 días de lactancia $\approx$ 135 días/camada)

Con maíz:

$$1.000 \text{ \$/día} \times 135 \text{ días} \approx \$135.000 \text{ por camada (10 cerdas)}$$

Con CEMA:

$$1.700 \text{ \$/día} \times 135 \text{ días} \approx 229.500 \text{ \$ por camada (10 cerdas)}$$

Diferencia por camada:

$$229.500 - 135.000 = 94.500 \text{ \$ más por camada usando cema.}$$

Costo de alimento por lechón destetado:

Camada total: 120 lechones.

Con maíz

$$135.000 \text{ \$} / 120 \approx 1.125 \text{ \$ de alimento por lechón}$$

Con CEMA

$$229.500 \text{ \$} / 120 \approx 1.912,5 \text{ \$ de alimento por lechón}$$

CEMA encarece el alimento por lechón en aprox.:

$$1.912,5 - 1.125 \approx 787,5 \text{ \$ más por lechón}$$

Con estos precios y ese consumo, para que cema se justifique tendría que lograrse, por cada camada más lechones destetados (por ejemplo, subir de 12 a 14–15 por cerda) o lechones bastante más pesados y mejor convertidos en engorda. Si con maíz se tienen 120 lechones/camada y con cema subieras, por ejemplo, a 150 lechones/camada:

$$\text{Costo con cema: } 229.500 \text{ \$} / 150 \approx 1.530 \text{ \$/lechón,}$$

Aún seguiría siendo más caro que con maíz (1.125 \\$/lechón), aunque la diferencia se reduce.

Los datos reflejan que no se puede pasar directo a 100 % cema. El costo extra es muy alto para el tamaño de la granja.

Se recomienda probar una sustitución parcial (ej. 30–50 % cema + 50–70 % maíz) en 5 cerdas, dejando las otras 5 con tu sistema actual, y medir lechones destetados por camada, peso de los lechones al destete, problemas de parto y condición corporal.

A continuación, se elaboró un estudio de impacto económico y un Retorno de Inversión (ROI) comparativo.

Datos base (10 cerdas, 1 ciclo de 135 días):

Maíz: 5 \$/kg

cema: 8,5 \$/kg

Consumo total: 200 kg/día

Lechones actuales: 12/camada/cerda → 120 lechones/ciclo (10 cerdas)

Costo solo maíz:

$200 \text{ kg} \times 5 \$ = 1.000 \$/\text{día}$

$1.000 \times 135 \text{ días} = 135.000 \$/\text{ciclo}$

Costo por lechón = $135.000 / 120 = 1.125 \$/\text{lechón}$

1) Opción A: 30 % CEMA + 70 % maíz

Costo del kg de mezcla

$0,30 \times 8,5 + 0,70 \times 5 = 2,55 + 3,50 = 6,05 \$/\text{kg}$

Costo diario y por ciclo

$200 \text{ kg}/\text{día} \times 6,05 \$ = 1.210 \$/\text{día}$

$1.210 \times 135 \text{ días} = 163.350 \$/\text{ciclo}$

Sobre-costos vs solo maíz

$163.350 - 135.000 = 28.350 \$$ más por ciclo

Costo por lechón (si sigues con 120 lechones)

$163.350 / 120 = 1.361,25 \$/\text{lechón}$

Aumento por lechón = $1.361,25 - 1.125 = 236,25 \$$ más/lechón

¿Cuántos lechones se necesitan para empatar el costo con maíz?

Para mantener 1.125 \$/lechón con esta dieta:

$$163.350 / 1.125 \approx 145 \text{ lechones/ciclo}$$

Por cerda: $145 / 10 \approx 14,5$ lechones/cerda/camada

Es decir, se necesita $\approx +21$ % más lechones (de 12 a 14,5 por cerda).

2) Opción B: 60 % cema + 40 % maíz

Costo del kg de mezcla

$$0,60 \times 8,5 + 0,40 \times 5 = 5,10 + 2,00 = 7,10 \text{ \$/kg}$$

Costo diario y por ciclo

$$200 \text{ kg/día} \times 7,10 \$ = 1.420 \text{ \$/día}$$

$$1.420 \times 135 \text{ días} = 191.700 \text{ \$/ciclo}$$

Sobre-coste vs solo maíz

$$191.700 - 135.000 = 56.700 \$ \text{ más por ciclo}$$

Costo por lechón (si sigues con 120 lechones)

$$191.700 / 120 = 1.597,5 \text{ \$/lechón}$$

$$\text{Aumento por lechón} = 1.597,5 - 1.125 = 472,5 \$ \text{ más/lechón}$$

¿Cuántos lechones se necesitan para empatar el costo con maíz?

$$191.700 / 1.125 \approx 170 \text{ lechones/ciclo}$$

Por cerda: $170 / 10 \approx 17$ lechones/cerda/camada

Se necesitan $\approx +42$ % más lechones (de 12 a 17 por cerda).

3) Comparación de ROI entre 30 % y 60 % cema

30 % cema:

- Menor aumento de costo.
- Necesita +21 % lechones para empatar.
- Menor riesgo financiero.

60 % cema:

- Mucho mayor aumento de costo.
- Necesita +42 % lechones para empatar.
- Muy difícil de lograr en la práctica.

Conclusión práctica:

- La opción con mejor potencial de ROI es 30 % cema, porque:
- El sobre-coste es moderado y alcanzable de compensar si mejoras un poco reproducción y sanidad.
- 60 % cema solo tendría sentido si se incluyera un salto extraordinario en lechones destetados y peso al destete, algo poco realista para pasar de 12 a 17 lechones/cerda/camada.

Recomendación final:

Probar cema, hazlo máximo al 30 %, en la mitad de las cerdas, y mide si realmente aumentas lechones destetados y peso al destete; con esos datos se podrá calcular el ROI real del ejercicio.

Ventajas concretas de usar cema al 30 % (vs solo maíz)

- Mejor equilibrio nutricional sin encarecerse tanto
- Aporta proteína de mejor calidad, aminoácidos, minerales y vitaminas.
- Corrige deficiencias típicas de una dieta muy basada en maíz.
- Se paga más que con solo maíz, pero mucho menos que con 60 %cema.
- Mejoría potencial en reproducción
- Mejor condición corporal de las cerdas (ni tan flacas ni tan gordas).
- Posible aumento moderado en lechones nacidos vivos y destetados.
- Menor caída de condición en lactancia, lo que ayuda al retorno al celo.
- Mayor seguridad nutricional y sanitaria
- Menos riesgo de fallas por mala suplementación de vitaminas/minerales.
- Mejor calidad y uniformidad del alimento que usar solo grano.
- Balance entre coste y beneficio
- El sobrecoste por lechón es relativamente bajo comparado con 60 % cema.

- Es más realista compensarlo con una ligera mejora en número y calidad de lechones.
- Facilidad de manejo sin perder flexibilidad
- Simplifica algo la formulación (menos que con 60 %, pero sin perder del todo la capacidad de ajustar con maíz).

Esto permite que se puede regresar fácil a 0 % cema si no se ven mejoras.

El 30 % de cema te da mejor nutrición y manejo con un riesgo económico moderado, mientras que a 60 % el costo se dispara y es muy difícil justificarlo con mejoras productivas reales.

Justificación para usar cema al 30 %

En la granja se manejan 10 cerdas de razas Pietrain y Landrace, genéticas exigentes en términos de nutrición, y un lote de 40 cerdos en engorda. Actualmente se obtiene en promedio 12 lechones por camada por cerda (120 lechones por ciclo), utilizando una alimentación basada principalmente en maíz. Los análisis de costo muestran que:

- Maíz: 5 \$/kg
- CEMA: 8,5 \$/kg
- Consumo total de las 10 cerdas: 200 kg/día

Formulando una dieta con 30 % cema y 70 % maíz:

- Costo del kg de mezcla: 6,05 \$/kg
- Costo diario (10 cerdas): 1.210 \$/día
- Costo por ciclo de 135 días: 163.350 \$/ciclo

Comparado con el sistema basado solo en maíz (135.000 \$/ciclo), el incremento de costo es de 28.350 \$/ciclo, lo que representa un sobre costo moderado frente a los beneficios potenciales.

El uso de cema al 30 % se justifica por:

1. Mejor balance nutricional con riesgo económico controlado

- La cema aporta proteína de mejor calidad, aminoácidos esenciales, minerales y vitaminas de manera más precisa que el maíz solo.

- Al utilizarlo al 30 %, se corrigen carencias frecuentes en dietas basadas en maíz sin llegar al fuerte incremento de costo que implicaría niveles más altos (por ejemplo, 60 %).

2. Potencial de mejora en parámetros reproductivos

- Una dieta mejor equilibrada favorece la condición corporal de las cerdas, la producción de leche y la recuperación posdestete.

- Esto puede traducirse en un leve aumento de lechones nacidos vivos y destetados, un menor intervalo destete–celo; camadas más homogéneas y lechones más viables, con un sobre costo relativamente bajo, es realista esperar que una pequeña mejora en lechones destetados por cerda/año compense la inversión adicional.

3. Reducción de riesgo de errores de formulación

En una granja pequeña, la formulación con varios ingredientes (maíz, soya, núcleos) aumenta el riesgo de errores de dosificación. Se recomienda entonces incluir cema al 30 % lo que simplifica parcialmente la mezcla y asegura un aporte mínimo estable de nutrientes críticos, reduciendo la variabilidad entre lotes de alimento.

4. Manejo práctico y flexibilidad

La inclusión al 30 % no obliga a depender totalmente del proveedor de cema y permite mantener flexibilidad para ajustar la proporción de maíz, cambiar de proveedor o volver al sistema anterior si los resultados no son satisfactorios. Es una estrategia incremental y conservadora de mejora nutricional.

En síntesis, el uso de cema al 30 % equilibra tres aspectos clave: mejora técnica de la dieta, incremento moderado de costo y mantenimiento de flexibilidad productiva y comercial.

El uso de cema al 30 % en la granja se presenta como una alternativa técnicamente sólida y económicamente manejable para mejorar la nutrición de las cerdas de pie de cría, con potencial de incrementar el número y la calidad de lechones destetados. Sin embargo, debe evaluarse en forma comparativa con:

- Dieta optimizada a base de maíz sin cema,
- Uso más focalizado de cema en etapas críticas,
- Inclusiones menores de cema (10–20 %).

La decisión final se recomienda basarla en los resultados de un ensayo interno bien registrado, comparando costo por lechón destetado y desempeño reproductivo bajo cada alternativa.

CONCLUSIONES

La implementación de un programa de alimentación y nutrición porcina diferenciado para cerdos de engorda y pie de cría se justifica ampliamente desde perspectivas técnicas, económicas y ambientales. Las diferencias fundamentales en objetivos zootécnicos, etapas fisiológicas, requerimientos nutricionales y estrategias de manejo entre estas dos líneas productivas demandan enfoques especializados que optimicen el desempeño de cada categoría animal.

Las diferencias entre alimentación maíz y cema demuestran:

Alimentación con maíz

- Usado principalmente como fuente de energía (alto contenido de almidón).
- Generalmente se complementa con fuentes de proteína (soya, harinas vegetales/animales), minerales y vitaminas.
- La formulación final del alimento suele realizarse en la granja o en pequeños molinos locales.

Alimentación con cema (sustituto del maíz)

- Producto balanceado o concentrado energético–proteico, formulado industrialmente.
- Incluye, además de la energía, proteína ajustada, minerales, vitaminas y a veces aditivos (enzimas, probióticos, mejoradores de rendimiento).
- Normalmente se utiliza para reemplazar total o parcialmente el grano de maíz en la dieta.

El maíz ofrece alta energía, proteína relativamente baja (7–9 %) y aminoácidos limitantes (lisina, triptófano), mientras que la cema se ha formulado para cubrir requerimientos específicos; mayor contenido de proteína y aminoácidos balanceados, además de micronutrientes.

Para cerdos de engorda, la estrategia nutricional busca maximizar la ganancia de peso en el menor tiempo posible mediante alimentación ad libitum de

formulaciones con densidad energética y proteica variables según fase (iniciación 18-20% proteína, crecimiento 16-18%, finalización 14-16%). La optimización de conversión alimenticia a través de alimentación multifásica reduce costos 8-12% y acelera el tiempo a mercado, liberando instalaciones para mayor volumen productivo y mejorando la rentabilidad por ciclo.

Para cerdos pie de cría, el enfoque es radicalmente distinto, priorizando la eficiencia reproductiva y la longevidad productiva mediante nutrición controlada y especializada en cada etapa reproductiva. Las hembras de reemplazo requieren restricción y suplementación mineral para desarrollo esquelético óptimo; gestación temprana (días 1-90) requiere fibra elevada (15-20%) y restricción moderada para prevenir obesidad; gestación tardía (días 90-114) demanda aumento progresivo de nutrientes para sustentar crecimiento fetal; lactación requiere máxima densidad nutricional (17-19% proteína, 3.3-3.4 Mcal/kg) y alimentación ad libitum para sostener producción láctea sin comprometer excesivamente reservas corporales.

Los verracos, como activos genéticos de valor extraordinario, requieren suplementación intensiva con vitamina E, selenio orgánico, zinc y ácidos grasos omega-3 que optimizan la calidad seminal y la función reproductiva durante múltiples años de servicio. La inversión en nutrición especializada de verracos genera retornos multiplicados a través de miles de dosis seminales producidas anualmente.

La revisión bibliográfica permitió identificar que la alimentación es el componente más costoso dentro de la producción porcina, por lo que la dependencia del maíz como principal fuente energética representa un desafío económico para los productores. En este contexto la búsqueda de ingredientes alternativos constituye una estrategia importante para mejorar la rentabilidad y sostenibilidad de las explotaciones porcinas.

Dado que cambios nutricionales bruscos pueden afectar desempeño transitoriamente, se recomienda:

Fase 1 (Meses 1-3): Implementación en línea de engorda mediante transición gradual de formulaciones actuales a nuevas, manteniendo reproductoras en nutrición tradicional para minimizar riesgos. Monitoreo diario de consumo, ganancia de peso, salud y conversión alimenticia. Objetivo: validación local de desempeño predicho.

Fase 2 (Meses 4-6): Expansión a reproductoras, comenzando con hembras de reemplazo en pre-cubrición, luego gestación, finalizando con lactación. Implementación cuidadosa de cambios en restricción alimenticia, fibra e ingredientes. Monitoreo de condición corporal, manifestación de estro, tasas de concepción y tamaño de camada.

Fase 3 (Meses 7-12): Implementación en verracos con suplementación especializada, comenzando 6-8 semanas antes de evaluación seminal para permitir manifestación de cambios en calidad espermática. Monitoreo mensual de libido, volumen seminal, concentración, motilidad y morfología.

Fase 4 (Año 2+): Consolidación del programa, refinamiento basado en datos reales de campo, integración con mejora genética y expansión potencial si resultados justifican.

La cema, derivada de la molienda del trigo, presenta características nutricionales que la convierten en una opción viable para la alimentación de cerdos. Su aporte de proteína, fibra y carbohidratos permite complementar adecuadamente los requerimientos nutricionales de los animales y aprovechar un producto agroindustrial con valor alimenticio.

La alimentación representa el componente de mayor impacto económico dentro de los sistemas de producción porcina, ya que puede llegar a constituir más del 60 % de los costos totales de producción. Por ello, la búsqueda de ingredientes

alternativos al maíz se ha convertido en una estrategia importante para mejorar la rentabilidad y sostenibilidad de las explotaciones porcinas.

La implementación de un programa integral de alimentación y nutrición porcina diferenciado para cerdos de engorda y pie de cría constituye una inversión estratégica fundamental que determina la viabilidad técnica, económica y ambiental de cualquier proyecto porcícola moderno.

Los cerdos de engorda y pie de cría representan realidades biológicas, fisiológicas y productivas completamente distintas que demandan abordajes nutricionales especializados. Mientras que cerdos destinados a engorda requieren maximizar ganancia de peso mediante alimentación ad libitum de formulaciones variables según fase (18-20% proteína iniciación, 16-18% crecimiento, 14-16% finalización) con densidad energética de 3.1-3.4 Mcal/kg, cerdos reproducción demandan restricción alimenticia controlada, suplementación mineral intensiva, fibra elevada en gestación, y densidad máxima en lactación.

Desde perspectiva técnica, un programa nutricional diferenciado se justifica por:

- *Optimización de desempeño productivo:* Cada categoría animal presenta requerimientos nutricionales específicos derivados de su metabolismo, etapa fisiológica y objetivo productivo. Formulaciones genéricas o sub-óptimas generan pérdidas significativas: en engorda se pierden 10-15 días de tiempo a mercado (costo de \$850-1700 por cerdo) y 0.2-0.3 puntos de conversión alimenticia (costo de \$85-\$170); en reproducción se pierden 2-3 lechones por camada anualmente (costo de \$680-\$1020 por cerda) y 1-2 años de vida productiva (costo de \$3400-\$5100 por cerda desechada prematuramente).
- *Minimización de problemas de salud:* Nutrición adecuada fortalece inmunidad, reduce incidencia de enfermedades, minimiza necesidad de

antimicrobianos. Esto mejora bienestar animal, reduce costos veterinarios, y facilita acceso a mercados premium que demandan producción libre de antibióticos.

- *Sostenibilidad ambiental:* Formulaciones optimizadas reducen excreción de nitrógeno y fósforo en 20-30%, minimizando contaminación de acuíferos y eutrofización. Mayor eficiencia nutricional reduce huella de carbono por kilogramo de carne producida, factor cada vez más crítico para regulaciones y certificaciones ambientales.

Desde perspectiva estratégica y de largo plazo, el programa nutricional diferenciado se justifica por:

Diferenciación competitiva: En mercado porcícola altamente competitivo, la nutrición optimizada genera ventajas sostenibles: menor costo de producción permite competir en precios; mejor calidad de producto permite acceder a mercados premium; mayor eficiencia permite absorber fluctuaciones de mercado mejor que competencia.

Escalabilidad del modelo: Un programa nutricional bien documentado y validado localmente es escalable: puede expandirse a operaciones de mayor tamaño sin perder eficiencia, puede replicarse en múltiples sitios/granjas, puede transferirse a otros productores (generando ingresos por consultoría), puede integrarse en sistemas de producción más complejos.

Atracción de inversión: Proyectos con programas nutricionales sólidos demuestran: profesionalismo, comprensión técnica profunda, capacidad de gestión, sostenibilidad económica validada. Esto atrae inversionistas, financiamiento a tasas preferenciales, asociaciones estratégicas con empresas multinacionales, acceso a mercados de exportación.

Preparación para regulaciones futuras: Regulaciones ambientales y de bienestar animal son cada vez más estrictas. Proyectos que implementan prácticas nutricionales avanzadas están preparados para cumplir futuras restricciones sin

necesidad de inversiones de actualización traumáticas, generando ventaja competitiva temporal mientras competidores se adaptan.

No obstante, el uso de cema debe realizarse de manera balanceada, considerando las necesidades nutricionales de cada etapa productiva.

Desde el punto de vista económico, la utilización de subproductos derivados del trigo representa una alternativa con potencial para disminuir los costos de alimentación, especialmente en regiones donde existe disponibilidad de estos materiales y donde el precio del maíz presenta fluctuaciones importantes.

Finalmente, se concluye que la cema constituye una opción alimenticia con potencial para ser incorporada en la producción porcina, debido a sus propiedades nutricionales y a las ventajas económicas que puede ofrecer. Sin embargo, se recomienda continuar desarrollando investigaciones experimentales que permitan evaluar diferentes niveles de inclusión en las dietas, así como sus efectos sobre el desempeño productivo, la conversión alimenticia y la rentabilidad de los sistemas de producción.

REFERENCIAS

- Álvarez-Romero, J. y R. A. Medellín (2005) Sus scrofa (doméstica). Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bobadilla E, Espinoza A, Martínez F. (2014) Producción de carne de cerdo en México. XLIV Congreso Nacional AMVEC. Puerto Vallarta, Jalisco, México. Pp. 279. 2009.
- Brum Jr, BS, Quirera (2006) De arroz na dieta de frangos de Corte e coelhos em crescimento. [Tese de mestrado], Santa María:Universidad Federal de Santamaría.
- Campabadal C (2009) Guía técnica para alimentación de cerdos. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Chaquilla-Quilca, G., Balandrán-Quintana, R. R., Mendoza-Wilson, A. M., & Mercado-Ruiz, J. N. (2018) Propiedades y posibles aplicaciones de las proteínas de salvado de trigo. CienciaUAT, 12 (2), 137-147.
- Comercializadora Llabana (2022) Cema semillina. <https://www.llabana.com/cema-semillina>. Consultado el 20 de enero de 2023.
- de Blas, C., García-Rebollar, P., Gorrachategui, M., Mateos, G. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. Madrid, España, 604 p.
- Dexter, J. E. and Sarkar, A. K. (2004) Dry Milling. In C. Wrigley, H. Corke, and Y. C. Walker (Eds.), Encyclopedia of Grain Science (pp. 363-375).
- El Sol Frijolero (2021) Cema de primera B/30KG. <https://elsolfrijolero.net/producto/cema-de-primera-b-30kg/>. Consultado el 22 de enero de 2023.
- FIRA (2020) Panorama Agroalimentario Carne de cerdo 2020. Disponible en: <https://www.fira.gob.mx/InvYEvalEcon/EvaluacionIF>. Consultado el 26 de enero de 2023.

- Fundacion Charles Darwin (2023) *Sus scrofa* Linnaeus, 1758.
<https://www.darwinfoundation.org/es/datazone/checklist?species=5251>.
 Consultado el 26 de enero de 2023.
- Grepe N (2001) Crianza de porcinos. Ed. Iberoamericana S.A. de C.V. México, D.F.45.
- Hassan EG, Alkareem AMA, Mustafa AMI (2008) Effect of fermentation and particle size of wheat bran on the antinutritional factors and bread quality. *Pakistan Journal of Nutrition* 7: 521-526
- Idris, W. H., Babiker, E. E., and El-Tinay, A. H. (2003) Fractionation, solubility and functional properties of wheat bran proteins as influenced by pH and/or salt concentration. *Molecular Nutrition & Food Research*. 47(6): 425-429.
- Instituto Nacional de la Economía Social (2018) La historia de la porcicultura en México y el mundo. Gobierno de México.
<https://www.gob.mx/inaes/articulos/porcicultura-una-actividad-milenaria?idiom=es>. Consultado el 15 de enero de 2023.
- Javed, M., Zahoor, S., Shafaat, S., Mehmooda, I., Ambreen, G., Rashee, H., and Ikram-ul-Haq (2012) Wheat bran as a brown gold: Nutritious value and its biotechnological applications. *African Journal of Microbiology Research*. 6(4): 724-733.
- Marrero LI, Silveira E, García EL (2005) Evaluación de sistemas de alimentación porcina a partir de fuentes energéticas de producción nacional. *Rev Electrón Vet*; 6:6.
- Martínez-Aispuro José Alfredo, Figueroa-Velasco José Luis, Cordero-Mora José Luis, Sánchez-Torres-Esqueda María Teresa, Martínez-Aispuro Manuel (2017) Dietas para cerdos en iniciación incluyendo salvado de trigo y adicionadas con xilanasas. *Ecosistemas y recur. Agropecuarios*. 4 (10): 73-80.
- Martínez-Aispuro, J. A., Figueroa-Velasco, J. L., Cordero-Mora, J. L., Sánchez-Torres-Esqueda, M. T., & Martínez-Aispuro, M. (2017) Dietas para cerdos en iniciación incluyendo salvado de trigo y adicionadas con xilanasas. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 4(10), 73-80.
- Molist F, Hermes RG, de Segura AG, Martín-Orúe SM, Gasa J, Manzanilla EG, et al. (2011) Effect and interaction between wheat bran and zinc oxide on productive

- performance and intestinal health in postweaning piglets. *British Journal of Nutrition* 105: 1592-1600.
- Moreira JA, Vitti DMSS, Neto MAT, Lopes JB. (2003) Phytase enzyme in diets containing defatted rice bran for growing swine. *Sci Agric* 2003; 60:631-636.
- Noblet J, Le Goff G (2001) Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs. *Animal Feed Science and Technology* 90: 35-52.
- Roldán GJC, Durán RF (2006) Manual de explotación y reproducción en porcinos, 1° ed. Editorial grupo latino. Colombia.
- SIAP (2020) Bases estadísticas porcinas 2009-2019. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_p.php. Consultado el 26 de enero de 2023.
- Silva HO, Menezes IC, Braga DF, Schoulten, NA, Silva, LF. Quirera (2004) De arroz em substituição ao milho em rações para suínos em crescimento e terminação: Desempenho e características de carcaça. *Rev Cient Prod Anim*; 6:24-32.
- SITIO PORCINO (2014) Análisis de mercado internacional de cerdo en 2013. Disponible en: <http://www.elsitioporcino.com/articles/2549/analisis-de-mercado-internacional-de-cerdo-en-2013/>
- Stevenson, L., Phillips, F, O'sullivan, K, and Walton, J. (2012) Wheat bran: its composition and benefits to health, a european perspective. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 63(8): 1001-1013.
- Víctor, Hurtado N, Nobre S, Rita y Chiquieri, Julien (2011) Rendimiento de cerdos alimentados con raciones que contienen subproductos de arroz, durante la fase de crecimiento. *Revista MVZ Córdoba*, 16 (1), 2372-2380.
- Víctor, Hurtado N, Nobre S, Rita y Chiquieri, Julien. (2011) Rendimiento de cerdos alimentados con raciones que contienen subproductos de arroz, durante la fase de crecimiento. *Revista MVZ Córdoba*, 16 (1), 2372-2380.
- Woerman, J. and Satterlee, L. (1974) Extraction and nutritive quality of wheat protein concentrate. *Food Technology*. 28: 50-52.