



Fernando R. Feuchter A.  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO  
Centro Regional Universitario del Noroeste  
feuchter57@yahoo.com  
W.WEBINARSAGROPECUARIOS.ORG



## RESULTADOS SOSTENIBLES DE LA NUTRIGENÓMICA PORCINA

### Introducción.

La porcicultura es una de las actividades ganaderas más importantes del mundo ya que aporta más de 120 millones de toneladas de alimento, siendo el mayor volumen de proteína animal obtenida por esta especie doméstica (*Sus scrofa* Linnaeus 1758), la cual es ampliamente utilizada 38% culinariamente por la humanidad; a pesar de existir culturas tradicionales y modernas, así como religiones que no permiten el consumo de carne de cerdo. En la Unión Europea es la carne de mayor consumo per cápita.

Para el año 2030 se estima que el pollo (actual 35%) alcance un consumo mundial de 150 millones de toneladas y pasará a ocupar el primer escalón, seguida de la carne de cerdo con 130, res 75 (23%), ovinos 20; incluyendo otras especies animales para un total de 380 millones de toneladas de carne consumidas en el mundo. El consumo de peces, mariscos y moluscos en cultivo acuícola y especies marinas con captura de pesca será de 180 millones de toneladas. Así que la panacea de la proteína animal está conformada por la calidad de su sabor, alto aporte nutricional a la población, mejoras en la producción zoonosanitaria con bienestar de la cría y manejo sostenible de la producción.

Actualmente en julio 2022 ante un entorno económico de estanflación mundial la actividad porcícola encabezada por China, EUA, España y otros países de la Unión Europea, Canadá, Brasil; producen de forma sostenible, es decir; sin incluir en la dieta balanceada ractopamina RAC que está prohibida en 160 países desde 2014 y en el mercado chino desde enero del 2021 con tolerancia cero, sin utilizar sulfato de salbutamol y otros 40 productos más. Tampoco clenbuterol ((4-amino- $\alpha$ [(terbutilamino)(metil)]-3,4-diclorobenzilalcohol usualmente empleada en bovinos pero ocasionalmente aplicado en porcinos. Eliminación completa de antibióticos en la dieta desde el año 2006 en cantidades terapéuticas o dosis promotoras del crecimiento, muy limitadas las adiciones de sulfato de cobre CuSO<sub>4</sub> por arriba de sus requerimientos nutricionales y el óxido de zinc ZnO prohibido el uso en Europa

desde junio 2022, deben ser libres de granos y sus derivados considerados organismos genéticamente modificados OGM, obteniendo certificados y acreditaciones con huella de carbono mínimas, reducir el impacto de la huella hídrica, ser eficientes para minimizar la sobreexplotación de recursos naturales, construyendo instalaciones adecuadas para el bienestar y expresión libre del comportamiento animal ya que las jaulas de gestación están prohibidas en Europa desde 2013, validación de granjas verdes aprobando el impacto ambiental. Las granjas en España desde 2019 no pueden ser más grandes de 3300 hembras. Los adultos y lechones deben recibir al menos 30 minutos de luz solar o irradiación de verano (hemisferio norte) con onda ultra violeta UV ya que la dermis sintetiza; vitamina D con función hormonal proveniente del caroteno de la dieta y genera además óxido nítrico que dilata vasos sanguíneos y reduce la presión arterial, ambas síntesis tienen un efecto que no puede ser sustituido con aditivos artificiales. Aclarando, solo la suplementación adicional de vitamina D del lechón lactante le ayuda al momento del destete.

La transferencia a través de la placenta y del calostro a los lechones es baja para vitaminas A  $\beta$ caroteno, D (25-OH-D3) y cobre-levadura. La nutrición enteral es deficiente en hierro y otros minerales. La suplementación balanceada en la dieta de gestación y lactación reduce el número de lechones con menos de 1.1 kg de peso al nacer.

Al limitarse el uso de antibióticos convencionales la industria farmacéutica ha buscado nuevas moléculas contra los patógenos resistentes *Pseudomona auriginosa*, enterobacteria, *enterococcus faecium*, *helicobacter pylori*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Haemophilus influenzae*, etc-. La investigación ha avanzado con nuevos antibióticos, pero nada contundente todavía para solucionar la problemática de salud animal. Las estrategias y alternativas para combatir la resistencia antimicrobial para bajar las poblaciones de patógenos en las granjas son las siguientes:

ENZIMAS	BACTERIAS	MEDICAMENTOS	FÍSICO-QUÍMICOS
Inhibidores	Lantibióticos y bacteriocinas	Sistemas que facilitan el recorrido del medicamento	Presión atmosférica-plasma no térmicos
Plantas medicinales y fitoquímicos	Péptidos antibacteriales AMP	Antiplásmidos y cura plásmidos	Quimioterapia sonodinámica
Moléculas pequeñas	Nanopartículas	Compuestos antivirulentos	Fotoinactivación
Aceites esenciales	Coinfección y probióticos		
Silenciadores de RNA	Anticuerpos monoclonales		

Sistema CRISPR	Bacteriófagos
	Biofilms de dispersión
	Moléculas antipersistentes
	Sensores de ruptura

Para enfrentar estas necesidades o especificaciones mercantiles, leyes y requerimientos del consumidor es necesario actualizar el software de formulación de dietas balanceadas, que incluya proyecciones de impacto ambiental, eficiencia sostenible con nuevas metas y estándares operativos en la actividad, los cuales están disponibles para su uso en The wean to finish IASTATE y producción rentable, hacer dietas balanceando matrices con los máximos y mínimos de los principales nutrientes e ingredientes restringidos, no establecerlos como fijos, ni dejarlos permanentemente como constantes en la computadora. El diseño de dietas debe cumplir con las normas ISO 14040/44, FAO-LEAP (livestock environmental assessment performance) y estándares PEFCR (product environmental footprint category rules). Hay que hacer los cálculos para cumplir con los estándares internacionales. Para consultar en referencias bibliográficas.

Considerar constantemente los cambios de precios de los insumos e ingredientes más caros, durante el año 2022 alcanzan granos 70% de incremento en el costo de producción, los aminoácidos artificiales pueden sustituir 3% de la proteína cruda, se cotizan con la paridad internacional y se limitan al nivel de energía y mayor desempeño del crecimiento animal, al usar AA en dietas de lechones hay que incluir sal yodada.

Las empresas son más grandes e integrales y se pueden realizar multi formulaciones con dietas especializadas por edades y fases de madurez fisiológica para sementales, gestación, pre parto, lactancia, durante el celo y fecundidad. Tradicionalmente la integración es de porcicultores que buscan crecer en el número de vientres para generar una marca comercial, hoy en día hay rastros que compran granjas para uniformizar la calidad del sistema de producción y con ello poder acceder al mercado de exportación. Los pequeños y medianos productores también deben integrarse para sostener la actividad en el mercado nacional. México exporta con valor agregado 40% de su producción ya que es un país libre de la peste porcina clásica e importa 40% del volumen de carne de cerdo para satisfacer la demanda.

Las organizaciones de productores se han unido en instituciones como la Opormex, Oporpa, Instituto Mexicano de la Porcicultura, México unido en la proteína animal MUPA que agrupa 8 organizaciones del sector pecuario, la industria cárnica y empresas exportadoras.

Aparte de la nutrición de insumos, el tamaño de partícula ideal en la molienda del grano de maíz para su mejor digestibilidad varía con la edad del animal, pudiendo ser costoso si no es el adecuado. Por cada 100 micrones de molienda se mejora la eficiencia alimenticia 1.4%. Si es polvoso a menos de 450 micrones causa úlceras y durante el transporte se separan las mezclas de aditivos y suplementos, debe ser fino para animales pequeños 540 micrones $\mu$ , para adultos en promedio 800  $\mu$  y en finalizado 500 $\mu$ . Los granos chicos como trigo y sorgo se sugiere rolarlos. Es bueno dejar un poco de grano entero para estimular la masticación y salivación.

La eficiencia alimenticia Kg de alimento/Kg canal ha mejorado desde 1959 6.6 kilos de alimento y en 2009 alcanza 4.4 kg alimento/kg carne en canal, para 2022 debe ser inferior a 3.8. Otras técnicas de comprimidos, extrusión, presión de vapor, liposomas de encapsulación, nanoencapsulados deben considerarse. Separar bodegas en lotes de las diferentes calidades de granos y por especies de cereales (Ceres diosa de la agricultura) son estrategias de control de calidad en insumos.

Surgen nuevas legislaciones de bioseguridad y sanidad que se deben atender, la actualización y capacitación del factor humano-técnico-administrativo-productor debe ser permanente. Ante todo, se presenta una incertidumbre, pero las granjas porcinas seguirán compitiendo estratégicamente con la aplicación de tecnologías correctas y modernas, ante las adversidades de ambientalistas que acusan al porcicultor del desequilibrio ecológico, organizaciones que exigen igualdad animal acusan de maltrato, cultivos de laboratorio para sustitutos de carne artificial que ocuparán 10% del consumo de proteína por 55 millones de toneladas anuales aunque todavía deben solventar inocuidad, hasta lograr el convencimiento de incrédulos y veganos aceptando el consumo de embutidos y carnes de cerdo.

Nunca hay que olvidar que existen 800 millones de personas con hambre, 2500 millones de habitantes tienen deficiencias nutritivas. Dejar de alimentar animales de granja no aporta a la solución de esta desigualdad social y económica. Hay que enfocarse en la realidad del problema alimentario y partir del desabasto mundial de comida.

La actividad porcícolas ante todo necesita certidumbre y rentabilidad para su desarrollo y crecimiento como se observa a los empresarios españoles estableciéndose en Brasil y los chinos en Argentina y EUA. Los inversionistas de una nueva tecnología necesitan conocer el valor neto de ganancia y el retorno ROI. No todas las entidades productivas reciben la misma presión social y legislativa para restringir el uso de aditivos, manejo zootécnico y hacer cambios en el diseño de las instalaciones, pero el mercado internacional será la pauta a seguir, cumpliendo con la legislación local. Sí para avanzar, no para inhibir el desarrollo.

Un estudio económico especializado podría explicar la participación potencial de Australia, ya que han avanzado mucho en la producción de carne de cerdo sostenible y el ahorro del agua en granja. Un ejemplo a seguir.

Lo que sí se puede resaltar en este momento es que el año 2022 la actividad porcícola tendrá una pérdida de mercado del volumen de consumo mundial y con menor rentabilidad que los años 2019, 2020 y 2021. Para México puede reducir la producción que alcanza 1.3 millones de toneladas anuales. Durante este tiempo éstas alteraciones de los ciclos de exportación de cárnicos se explican con la persistente pandemia del COVID-19 con brotes todavía en julio 2022 en muchos países, que han retrasado el abasto de insumos para las industrias. La aparición en Asia en agosto 2018 y expansión a Europa del brote de peste porcina africana PPA, su control 2020 y ciclo de reincidencia 2022 cambiaron los precios, volúmenes y países del mercado internacional. Estalla la lamentable invasión declarada Rusia-Ucrania con consecuencias civiles y afectaciones de vidas humanas, causando desequilibrio en el abasto y precios de combustibles y energía eléctrica, así como en la distribución y transporte de granos. Se esperan cambios más drásticos si la candidatura del país de Ucrania es aceptada en la unión europea UE o en la organización de las naciones unidas ONU. Ante una iniciativa de apoyo norteamericana de bloquear el comercio con Rusia. Ciertamente que Rusia sigue surtiendo gas a Europa y carne de cerdo a China un país importador de 5.5 millones de toneladas en 2020 y se estiman 2.2 millones compradas al exterior en 2022.

Son muchos los países que participan en la producción de carne de cerdo y otros menos salen al mercado de exportación de cárnicos. Ante las adversidades en la presente situación político-económica-sanitaria unas regiones serán favorecidas en el comercio, pero no es momento de expandir los volúmenes de producción. En junio-agosto 2022 hay países como EUA, China y varios de Europa que están enviando el 10% del hato reproductor de marranas al rastro, liquidando vientres reproductivos para cortar la producción de lechones y ello genera excedentes momentáneos de carne, pero al mediano plazo habrá desabasto mundial e incrementos de precios al consumidor.

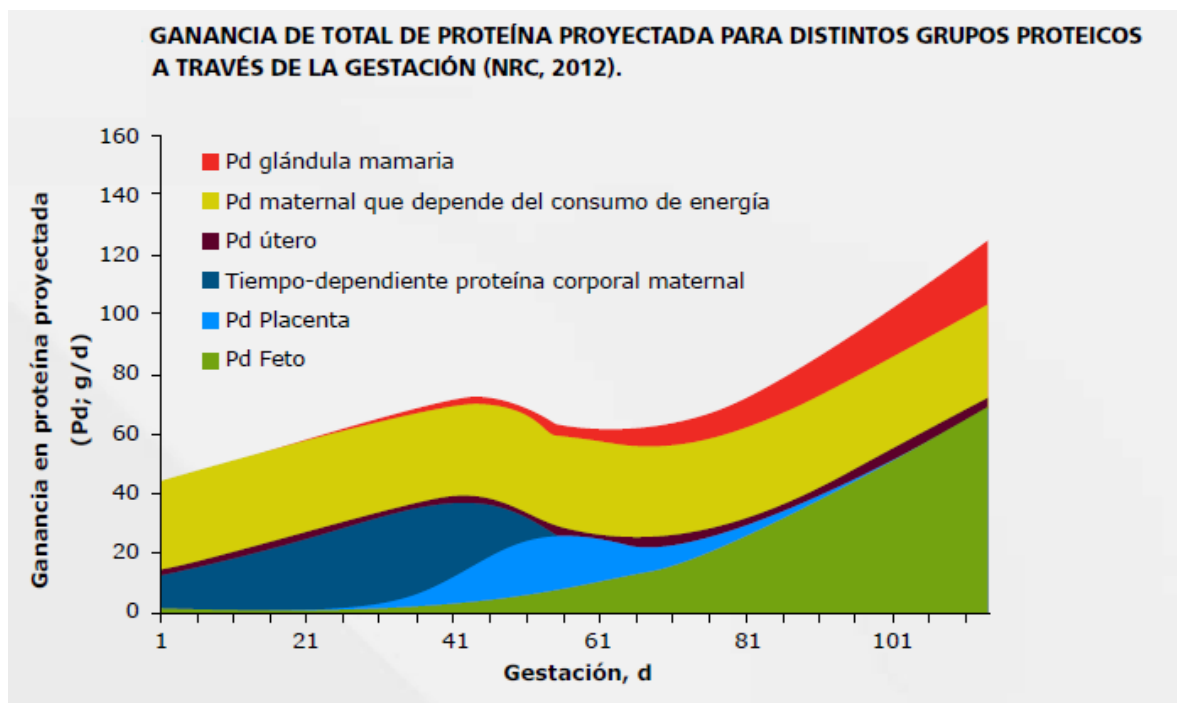
### **Antecedentes de la nutrigenómica**

Los estudios científicos del consorcio internacional porcino empezaron en el 2003 con la contribución de cientos de investigadores, dando avance exponencial al conocimiento de la Nutrigenómica con la presentación pública del análisis del genoma porcino en Nature 2012 491(7424), 393-398 y el genoma Sus scrofa 11.1 fue actualizada en el año 2017. con una extensión total de la secuenciación genética por 2,596,639,456 de pares de bases que contienen 21,640 proteínas de genes-loci codificados, 623,000 marcadores de secuencia expresada EST depositados en el banco de genes, se identifican más de 62 tipos de células especializadas en diversos tejidos del cuerpo del animal.

La presencia de un locus de rasgo cuantitativo QTL en la sección de DNA del cromosoma 4 controla el crecimiento desde el nacimiento hasta la etapa de engorda. Un QTL en el cromosoma 8 con características para secretar fosfoproteína-1 mejora la sobrevivencia de los lechones recién nacidos en toda la

camada. Ya que regula el transporte de agua y iones en la placenta. El conocimiento científico avanza y se actualiza.

Se presenta una realidad al considerar 50 nutrientes que usualmente componen la dieta en la que participan metabólicamente los miles de genes presentes en la mitocondria celular, se generan dos caminos uno del conocimiento científico y el otro aplicado a la práctica productiva, siempre soportada por los pilares esenciales de la producción: nutrición, genética, manejo zootécnico y sanidad, conocimientos previos aún vigentes para crear el desarrollo de una nueva generación de tecnología sin precedentes en el que se van acumulando continuamente secuencias de genes con múltiples sitios de referencia continua como un primer intento de producir un mapa con la base de datos de proteínas del código del transcriptoma porcino <https://bmcbiol.biomedcentral.com> que se generan progresivamente con el apoyo de herramientas como la genómica, proteómica, metabolómica, epigenómica (metilaciones de DNA y modificar histone), transcriptómica, bioquímica molecular, biología molecular (se estudia la interacción entre dietas, sus cadenas metabólicas, entender los genes de la homeostasis); inmunología, epidemiología, bioinformática y la propia nutrición animal con sus tablas de requerimientos nutricionales publicados por varios países y por empresas privadas <https://www.pic.com>, mismos que no siempre incluyen bien los valores de digestibilidad para lactantes y permanecen las ediciones estables por muchos años cuando el mejoramiento genético de los cerdos de engorda es muy dinámico, hay un constante y progresivo cambio cada 3 años y la selección de reproductores avanza cada 5 años.



La selección genética vía cruzamientos estratégicos por varias generaciones es una manera de fijar genes con características biológicas, económicas favorables y

alcanzar el mejoramiento productivo de los animales. El número de fibras musculares esqueléticas (carne) queda establecida desde el nacimiento. Hay una necesidad de agilizar una mayor producción masiva de proteína animal para alimentar al mundo de una manera sostenible y económicamente viable. Las casas comerciales de reproductoras núcleo de líneas avanzadas porcinas cuentan con una baja variabilidad de genes y muchos caracteres genéticos favorables tienen una heredabilidad mínima logrando lentamente diferenciarse como alternativa, por lo que para alcanzar avances rápidos de eficiencia requieren tecnología para editar genes deseables. <https://cabiagbio.biomedcentral.com> que en los últimos 20 años se han aplicado diferentes metodologías al mejoramiento genético.

Cerdos con edición de genes o clonados pueden producir hormona del crecimiento bovina, fitasa de bacterias, carbohidrasas de hongos; desaturasas para ácidos grasos de plantas, así como del nematodo *Caenorhabditis elegans*; desacople de la proteína-1, eliminar la myosantina,  $\alpha$ -1,3-galactosiltransferasa, CD163 receptor celular del PRRS o enfermedad con oreja azul, varias alternativas para sustituir antibióticos, evitar la castración.



Todas las granjas deben aspirar a establecer sistemas de inteligencia digital con tecnología certera en apoyo a certificarse en sanidad, bienestar y buenas prácticas. Necesitan anticipar la bioseguridad aplicando ciencia avanzada para controlar el PRRS variantes europea, americana y la nueva V21C, estirpes GXYL1403, GXNN1839 u otras enfermedades que causan impactos devastadores, interrumpiendo las rutas de transmisión directa e indirecta (mecánica, aerosoles, alimento) aplicando controles, programas integrales estrictos, manuales y decálogos estandarizados, con muestreos auditados y validados. No caer en la sobresaturación de información atiburrada que luego no puede ser analizada y aplicada y se deja en el olvido. De ser así pedir ayuda a un consultor profesional.

Grandes avances se han logrado para alcanzar las metas del potencial genético en los últimos 5 años para obtener modelos naturales sin clonación de animales más robustos y resistentes a enfermedades como el PRRS, Gastroenteritis transmisible, Senecavirus (ántrax), Fiebre porcina clásica, Influenza, Pseudorabia. Se elaboran

protocolos aplicando genética de precisión para reducir el impacto ambiental con menos gases con efecto de invernadero, mejorar el bienestar animal, alcanzar parámetros productivos más altos, lactación, crecimiento y musculatura, prevenir el exceso de grasa subcutánea, lograr la mejor eficiencia alimenticia, reducir en las excretas excedentes de nitrógeno y minerales al ambiente y comprender la reproducción porcina.

Aún con estos avances generacionales, continúan los retos nutrigenómicos sostenibles para reducir pérdidas embrionarias, solventar la restricción fisiológica a la restricción al crecimiento intrauterina, bajar la mortalidad de lechones durante la lactación, minimizar la acumulación adiposa subcutánea en la etapa de engorda proveniente de la energía de la dieta, mejorar fisiológicamente la habilidad subóptima de digerir los insumos y nutrientes (proteína, fibra, minerales, energía). Sobrellevar el estrés calórico corporal, minimizar la susceptibilidad a enfermedades, aplicar exitosamente alternativas para sustituir el uso de antibióticos, reducir los costos totales de producción.

Es imperativo incrementar y repasar en todos los niveles del sistema de producción el conocimiento básico de la biología del animal y de los microorganismos. Célula, membrana, núcleo, citoplasma, mitocondria, integridad celular, funciones metabólicas, componentes celulares, síntesis de proteínas, enzimas, péptidos y tejidos. Origen de la producción, procesos agroindustriales de vacunas y antimicrobiales. Para leer las publicaciones nuevas se requiere entender los avances que se están informando.

El apoyo económico mundial a la investigación porcina se amplía en estos momentos porque muchos de estos avances (medicinas, malformaciones genéticas, mecanismos embrionarios, tratamientos clínicos, respuestas inmunológicas, inflamación, desarrollo de instrumentos) favorecen la aplicación biomédica al servicio de la salud humana. Los humanos tenemos 100 enfermedades genéticas del metabolismo. Anteriormente se realizaba con roedores, conejillos de indias y primates en laboratorio. Hoy se alcanzan grandes logros en medicina humana, clonando cerdos para el trasplante de órganos y no solo válvulas del corazón o colectando la bilis.

Hay marranas con la edición del gen para que la leche produzca lisozima un antimicrobial humano que favorece la recuperación de lechones que tuvieron diarrea bacteriana. Las lisozimas fueron descubiertas en 1921, pero inmediatamente opacadas por los antibióticos. La molécula de lisozima mata bacterias gram + destruyendo su membrana celular. No controla gram- por su membrana diferente.

El lechón carece de habilidades fisiológicas de termorregulación por lo que requiere de servicios suplementarios de temperatura y control de ventilación para su sobrevivencia. La edición del locus UCP1 de un ratón estableció esta facultad reguladora reduciendo la deposición de grasa corporal, ello permitió reducir costos



de energía calórica y mejorar la eficiencia alimenticia. Un marcador para deposición de grasa PCK1 C.2456c>A y se han identificado otros polimorfismos. Utilizando un gen Delat12 de la planta espinaca los cerdos pudieron sintetizar ácido graso linoleico y otros con el gen hfat1 humano pudieron sintetizar ácido graso omega 3 similar a los peces. Para reducir las alergias con el consumo de carne de cerdo una xenotransplatación del gen GGTA1 eliminó este riesgo. Se elimina un azúcar  $\alpha$ - $\gamma$  en la superficie de la célula evitando así la alergia a personas susceptibles. Así se produjo el GalSafe pig.

Las modificaciones genéticas que influyen directamente en el proceso de digestión y contenido del sistema digestivo con el fin de optimizar el aporte y demanda de nutrientes. En el laboratorio es posible adaptar genes bacterianos, eucarióticos, procarióticos o de hongos en mamíferos para que produzcan en la saliva enzimas digestivas como la fitasa más eficientes. Lo que reduciría la suplementación de fósforo en las dietas de monogástricos. En los rumiantes es la diversidad de la microflora la que permite la digestión de celulosa y ácido fólico usando diversas fitasas. Algo similar con  $\beta$  Xilanasas y pectinasas mejoran la eficiencia alimenticia. Animales transgénicos lograron desintoxicar los efectos negativos de las aflatoxinas y factores antinutricionales (ácido fólico, taninos, lecitina (aporta energía y fosfolípidos), alcaloides, oxalato, glucocianuros, fenoles (antioxidante) , saponinas (reducen tumores), aminoácidos tóxicos, antivitaminas, gossipol, goitrógenos, azúcares que producen flatulencias (rafinosa, stachiosa, verbascosa), ácido clorogénico, haemaglutininas, lisinoalanina, estrógenos), isoflavones (antiinflamatorio) de los insumos alimenticios y granos que afectan la digestibilidad y eficiencia.

La ingeniería genética pronto dará resultados reuniendo en un solo individuo las translocaciones genéticas exitosas alcanzadas hasta este momento para obtener ejemplares reproductores a mayor escala con alcance comercial que transmitan a su descendencia estas características productivas. Existen cuestionamientos legales para la aceptación de animales clonados para el consumo humano y un poco menos para su utilización en medicina y salud humana. [www.pigprogress.net](http://www.pigprogress.net). El 60% de las amas de casa no desean carne clonada, pero si aceptan salmones y el mercado mundial del cerdo OGM se distorsiona si un país prohíbe su consumo.

Los principales productores de pie de cría reproductor núcleos de EUA, Europa, China se han unido para buscar a través de incrementar las poblaciones de animales encontrar la variabilidad deseada y ampliar la información estadística de datos y registros que permita seleccionar los mejores ejemplares reproductivos. En ello deben participar las Uniones de Porcicultores para contribuir con información capturada en granja. Al incrementar el banco de datos se mejoran las opciones de selección de ejemplares con características deseables para la reproducción. Esfuerzos nacionales e internacionales se han hecho, pero no todos participan aportando sus registros.

## Resultados aplicables a la producción

Los pilares de la producción continúan aportando mejoramiento a la producción. La reproducción asistida se inicia en 1980, abre paso a la inseminación artificial, se amplía el conocimiento para conocer más sobre la calidad de los cromosomas, el desarrollo fetal, muerte embrionaria temprana para solucionar problemas, se intenta el semen congelado y se mejoran los diluyentes del semen frío, se avanza al semen encapsulado buscando reducir las dosis de espermatozoides y hacer rendir más a los sementales selectos. Se diseñan catéteres para inseminación y se busca la aplicación cervical y colocación de semen con endoscopia.

Por años el mejoramiento genético se enfocó a tener camadas prolíficas y obtener animales magros con poca grasa dorsal. En 20 años de selección se reconoce que genéticamente se ha provocado una mayor mortalidad de las hembras del pie de cría en 2017 10% y al 2022 15%, prolapsos uterinos en el 3% de la piara, e incremento en la mortalidad de los lechones y cerditos hasta la edad al mercado, pudiendo alcanzar 20-30% en todo el ciclo de producción. Con alimentación BUMP incrementando el alimento durante el último tercio de la gestación disminuye los prolapsos. Una dieta densa de 6.75 Mcal de energía neta por día EN/d y un consumo diario de 1.8 Kg/d a hembras en lactación permite lograr más peso al destete. Al incrementar el consumo en gestación a 2.7Kg/d se incrementan los nacidos muertos. Al alcanzar mayores incrementos de peso diario se perdió robustez de los cerdos comerciales incrementando la susceptibilidad al virus de PRRS en Europa y una cepa L1C144 en EUA reduce 3% los parámetros reproductivos, en México se le identifica en 1990 como enfermedad viral del síndrome reproductivo y respiratorio.

Feuchter resalta en tres artículos previos los avances del quinquenio. Poder ampliar detalladamente el manejo de la suplementación de lechones lactantes bmeditores.mx. En EUA desde 1970 persiste en la población la tendencia de ingerir menos leche de vaca per cápita a cambio de leche de soya, almendra y otros no lácteos. No descartar usar calostro o al menos leche caliente directa de establos en pastoreo para suplementar lechones lactantes, ya que beneficia las poblaciones de bacterias de la microbiota intestinal y logra en los lechones lactantes un mejor incremento de peso diario.

La edad al destete influye mucho en los parámetros productivos: Son 2 pruebas.

Edad días	12	15	15.5	18	18.5	21	21.5
Ganancia diaria peso gramos	580	616	676	637	697	687	722
Mortalidad %	9.4	7.9	3.9	6.8	3.4	3.6	2.5
Peos a la venta Kg	94	110	107	104	111	113	116

Al momento del destete, pasar los lechones de 3.8 Kg a alcanzar un peso de 6 Kg por lechón a los 42 días se ganaron 4.2 kilos adicionales por cabeza. Es decir, por cada 1 Kg adicional de peso alcanzado al momento del destete significan 40 gramos más por día durante toda la etapa del destete.

Se puede ofrecer vía oral cada 6 horas con 50 mililitros de calostro de la cerda para reducir su mortalidad en 90%. Se debe forzar el consumo para lograr resultados tangibles, hasta lograr el aprendizaje ya que por sí solos tan solo 4-60% de los lechones lactantes consume sustituto de leche en polvo reconstituido a los 15 días de nacidos. Implementar una lactación intermitente por 12 horas ayuda a motivar el consumo de sustituto de leche. El uso de suplementar lechones lactantes desde el segundo día del parto, con sustituto de leche de vaca reconstituida en forma líquida y caliente e incluso aplicada en la boca en forma manual con jeringa, permite ganar un kilo adicional más de peso al momento del destete y se reduce mucho la mortalidad de los nacidos vivos especialmente con pesos menores a los 1.5 kilos al nacer.

La raza Landrace tiene lechones más pesados al nacer que la Yorkshire y en 4 años de selección genética se puede incrementar el peso al nacer lo que permite lograr 1.5 más lechones por hembra por año al destete adicionales. Las metas en el corto plazo 35 lechones/hembra/año, buscando 40 y llegar a 45. La ganancia diaria de peso 1150 gramos con conversión alimenticia CA de 1.85 buscando mejorar a 1250 gr/día y CA 1.65, después 1500 gr con CA de 1.5 kilos. En los atrasados se mejoran las vellosidades intestinales, se mantiene la integridad digestiva, se adapta la microflora para posteriormente digerir alimentos sólidos, se controlan factores adversos al crecimiento. En España hay plantas de alimentos balanceados especializados exclusivamente en la elaboración de distintas fases para el lechón lactante y durante el destete solamente.

En este artículo se resaltan muchos insumos y nutrientes especializados para lograr la sostenibilidad de la producción. En Austria una planta especializada solo utiliza fitogénicos naturales bioactivos como aditivos mejorando productividad y sostenibilidad. La digestibilidad de los lípidos del lechón lactante es de 96% y al dejar de mamar su estómago baja la liberación de lipasa gástrica, por lo que la dieta al destete debe reducir levemente su contenido de grasas, ya no está presente la protección de la leche materna y suceden trastornos digestivos.

Para lograr una colonización temprana de microbiomas benéficos dar probióticos a los lechones. Una mala colonización durante la trasplatación de la microbiota del lechón altera la morfología de las amígdalas y la expresión de un factor neutrófico en el cerebro. Ofrecer a lechones nutrientes esenciales (nucleótidos, leucina, ácido glutámico, glutamato, glutamina, treonina, triptófano) mejoran la actividad de la maltasa y lactasa, se presentan más leucocitos y factores de inmunidad IgA, IL-1 $\beta$ .

Una dieta de destete con 6 Kg/Ton de glutamato se mejora la respuesta inmune y se producen excretas secas. Si la dieta contiene 4.5 Kg/Ton de glutamina se mejora el incremento de peso diario. Si en la dieta se adhieren ambos productos mejora la salud al incrementarse los neutrófilos y linfocitos, con una reducción de los monocitos.

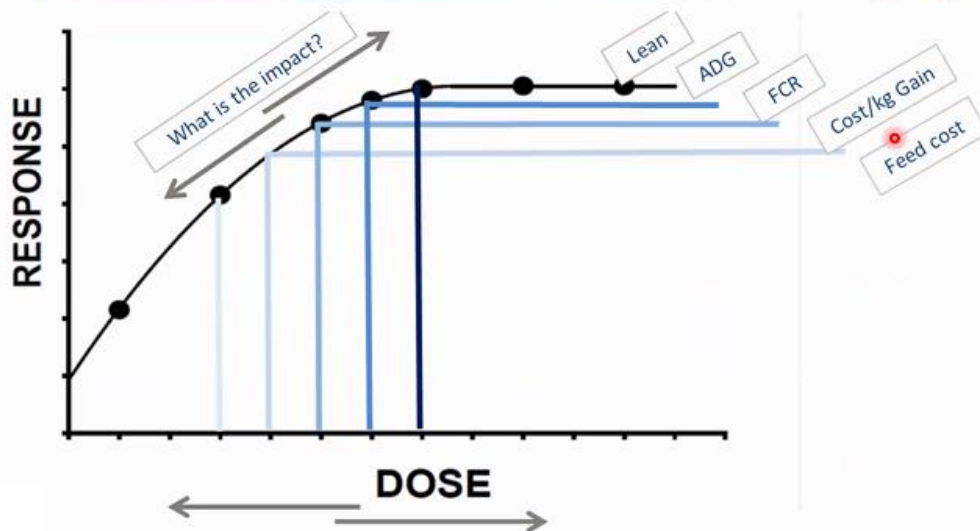
A esta edad lactante, el nivel de la enzima tripsina es suficiente para digerir la leche, pero no cereales. Por ello el lechón baja su ritmo de crecimiento de la etapa de lactación al destete. Las enzimas a las 4 semanas proteasa, amilasa, maltasa, sucrasa se incrementan con los sustratos y la lactasa se reduce sin presencia de leche. Durante la lactación el lechón se amamanta 16-20 veces al día y al ser separado de la madre no apetece alimento por lo que se ofrece paulatinamente 20 gramos por cerdito en un tapete durante una semana dos veces al día. Los cerditos que no quieren comer pueden apeteecer una masa húmeda de alimento o con jeringa ofrecerles una pasta de alimento 60% con 40% de agua. A los 56 días de edad del lechón se incrementa 10 veces la acción de la tripsina para digerir proteína vegetal, pudiendo alcanzar un peso compensatorio, pero ese no es el objetivo de recuperar después sino de avanzar diariamente sin pérdida de tiempo en la ganancia diaria de peso.

La marrana en lactación puede producir más de 25 kilos de leche diarios, muy comparado a la producción alcanzada de una vaca de establo confinado, pero no son suficientes litros de leche cuando los lechones tienen una genética de crecimiento rápido. Al nacer el lechón consume al menos 250 gramos de calostro para sobrevivir, pero tiene capacidad digestiva para ingerir 500 mililitros de leche por día. El lechón selecciona su teta personal a los 3 días de edad y unas glándulas son más productivas que otras, no son uniformes durante la lactación. A los 7 días pueden mamar más de 1.5 litros por lechón por día. Después de la edad de 14 días se presenta en el consumo un déficit energético y deficiencias en arginina. Es la fase más corta del cerdo en todo el sistema de producción, pero es el momento de encender los genes que darán una mejor respuesta económica a la reproducción y crecimiento muscular. Nunca usar azúcares o mieles para aportar energía a lechones lactantes.

Dietas especializadas para el sitio II o salón de destetados, ya que en esta fase se presenta en los lechones una etapa fisiológica aguda que se solventa con anticuerpos derivados de huevo DEP (la yema previene enfermedades y optimiza la producción), suero sanguíneo SDPP. Ambos DEP y SDPP mejoran la palatabilidad del alimento, salud intestinal, reducen la respuesta inflamatoria, decrecen las citocinas circulantes, consumo voluntario y se logra mayor incremento de peso diario al mejorar la longitud de las vellosidades intestinales. Al inicio del destete una dieta de 23% de proteína cruda logra los mejores incrementos de peso diario, más consumo de alimento y mejora la eficiencia óptima Ganancia/Alimento. Al incluir 6% de SDP las vellosidades intestinales son más saludables. Cuando la dieta es de 18.5% de PC se presentan menos diarreas, pero el SDP no da respuesta favorable. Otros insumos especializados son harina de sangre, médula de hueso, harina de pescado, levadura que ha sido utilizada por 70 años; las nuevas proteínas en el mercado espirulina o alga azul contiene C-Fitococianina un antioxidante y antiinflamatorio, derivados de cultivos unicelulares, cultivo de microalgas (*Chlorella vulgaris*, *C. zofinginesis*, *Tetraselmis*, *Scenedesmus*, *Chlorococcum*,

Parachlorella, etc.) deshidratadas, macro algas marinas aportan yodo, pastas de subproductos de oleaginosas como palma aceitera, cáñamo-kenaf, crambe, tung, jatropha, moringa, salicornia; alternativas con harina de la cría de insectos (grillos, lombrices y larvas de mosca soldado, chapulín, gusano de seda, secos o fritos, leche de cucaracha; otras proteínas hidrolizadas, gelatina, quínoa, chía, bellota; pastas de cactáceas, agave, sábila, nopal que acondicionan el sistema digestivo y otros suplementos proteínicos altamente digestibles con presentaciones de micronizada, expandida, con vapor, fermentada, radiación, hojuela, pellet, hinchada, horneada, churro, extruida, atomizada seca, procesos de evaporación instantánea sin glucosa para purificarlas, logran 2 kilos adicionales al concluir la fase de desarrollo.

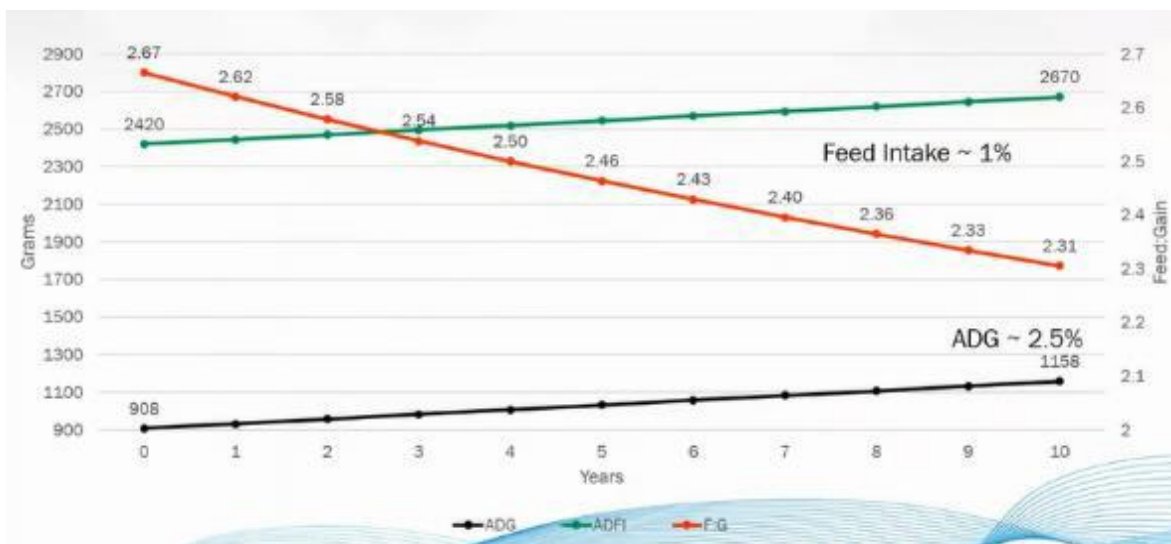
## Ajuste del perfil de proteína ideal



Se puede incluir grasa de coco u otro aceite que sea muy bajo en ácidos grasos libres ya que pueden actuar de forma adversa en la digestibilidad y palatabilidad. Incluir ácido oleico, ácidos grasos simples o polinsaturados; inmunoglobulinas que aportan inmunidad pasiva porcina IgG, IgA, IgM, IgY aviar; monoglicéridos y otros de cadena corta (menos palatables) que desestabilizan la membrana celular de bacterias, péptidos con propiedades antimicrobianas, acetilsalicílico; suero, leche bronca de vaca, ultra pasteurizada, entera procesada en grumos, yogurt y caseína de leche. La leche de cabra es más ligera para estómagos intolerantes a la lactosa. Se observa una expresión de genes metabólicos y micromatrices como respuesta de la transcripción del tejido graso, músculo e hígado. Hay una desregulación del tejido muscular y sus contracciones. Suplementar la dieta con ácido linoleico, estudios proteómicos al interior del musculo muestran un incremento de ácidos grasos conjugados CLA.

Incluir granos fermentados para reducir el pH del lumen del estómago, acidificación de la dieta o el agua. Ello implica sustituto de leche en polvo limitado y cereales elaborados en forma artesanal para consumo humano de 5 meses de edad, es decir cocidos. La harina de yuca, plátano, papa, camote y otros tubérculos pueden ser seleccionados por su almidón y como alternativa proteica sus derivados industriales con gran concentración de péptidos (cisteína, arginina, lisina) cadenas entre 30 a 200 aminoácidos que actúan como antimicrobianos (virus, bacterias, hongos, parásitos) y otros compuestos inhibidores de proteasas de origen vegetal. Hay múltiples agaves que contienen antimicrobiales (saponinas, fenoles, terpenos). Grano de linaza, legumbres cocidos. Suena a insumos, maniobras y procesos más caros, pero durante la fase de crecimiento permite grupos de animales más uniformes que concluirán su tiempo entre 5 a 35 días menos en el corral de finalizado al alcanzar los 125-130 kilos en pie, resaltando los beneficios adicionales a la calidad de la canal. Los cerdos magros modernizados genéticamente con poca grasa corporal pueden ser engordados a mayores pesos al finalizado.

En la figura se observa que a lo largo de 10 años de mejoramiento genético para cerdos en crecimiento se ha logrado avanzar en los parámetros productivos. La línea negra ADG es el promedio de la ganancia diaria de peso pasando de 908 gramos a 1156 gramos de incremento. La línea roja F:G es la eficiencia alimenticia que tenía 2.67 kilos consumidos por kilo de peso aumentado para ahora lograr 2.31 Kg de eficiencia. Un ahorro de 360 gramos de alimento por kilo de cerdo en pie producido. La línea verde ADFI es el promedio de consumo de alimento diario con 2420 gramos por día y ahora alcanza a comer 2670 gramos por cabeza por día.



Se sobreentiende que la selección genética de un factor tiene heredabilidad baja y la expresión de genes es multifactorial y no dirigida en forma lineal.

La mayoría de los consumidores de carne de cerdo son jóvenes que nacieron en 1980, tienen una formación urbana y educación superior, forman parte de las

generaciones Y, Z y Alfa. Demandan un producto que provenga de granjas con valores neutros de emisiones de CO<sub>2</sub>e atmosféricos y prácticas de manejo zootécnico de bienestar establecidas para minimizar la contaminación e implementando controles de sanidad animal y aislamiento epidemiológico.

Para minimizar enfermedades se debe desinfectar y esterilizar superficies por aspersion de los agentes oxidantes (hipoclorito de sodio, peróxido de hidrógeno, ácido peracético), compuestos halógenos (iodóforos), aldehídos (formaldehído y variantes), por irradiación luz ultravioleta. Nuevas moléculas desinfectantes βCiclodextrinas, calix macrocíclico, cinnamaldehído (canela), carvacol, polyethylenimine.

Usar y recuperar toda el agua con ahorro, reciclado y cero descargas. Además, existe un laudato de la iglesia Católica para reforzar la economía circulante y el máximo aprovechamiento de los recursos, como es la generación de energía calórica y eléctrica por medio de lagunas biodigestoras con los efluentes que producen gas metano para combustible de un motor generador Caterpillar resistente al ácido sulfúrico y otros gases corrosivos. El Papa sugiere reducir la ingesta mundial de cárnicos en la sociedad pudiente de mayor ingesta, no para contraer el mercado de consumo mundial, sino para hacer llegar una mayor oferta de proteína animal de calidad nutritiva a un estrato económico-social en un escalafón inferior. \*Trabajé en una empresa que exporta cortes finos de cerdo al mercado asiático y en el rastro de envían a la planta de rendimiento la cabeza, hígado, corazón, riñones, y patitas a la planta de rendimiento. Es decir, se tiraba carne a la basura.

Para producir energía, los sedimentos sólidos se asientan en la laguna biodigestora y las aguas sobrantes se pueden usar en labores de limpieza y riego. Existen otras formas de excluir los sólidos de los efluentes líquidos. La NOM 001-W3COL-1996 señala los límites de contaminantes permitidos. Las heces tratadas alcanzan un valor agregado y se separan las aguas que pueden ser recicladas. De esta manera si es factible postular la producción sostenible de carne de cerdo, acelerando la innovación y aplicando en granja los avances de la investigación. Se han reducido las emisiones por cada tonelada de cerdo producido. En 2005 era de 2.90 toneladas de CO<sub>2</sub> y en el 2020 solo de 1.75 Ton de CO<sub>2</sub>. Se quiere alcanzar la neutralidad para el año 2050 y reducir efluentes a menos de 50 mg de nitrato por litro de excrementos.

Están disponibles en el mercado múltiples aditivos de origen fitobiótico (hierbas, oleorresinas) que apoyan la falta de antibióticos en el alimento balanceado. La silimarina contiene fosfolípidos que reducen la toxicidad de los aflatoxinas (800 metabolitos). Acondicionadores intestinales botánicos que previenen diarreas renovando enterocitos, uniendo las paredes celulares y renovando el epitelio intestinal; moduladores de microbiota; probióticos son cepas vivas de microorganismos (*Lactobacillus rhamnosus*, *E. faecium*, *Bifidobacterium breve*, *B. longum*, *Akkermansia*); postbióticos o productos metabólicos benéficos derivados

de los probióticos que mantienen la homeostasis intestinal; prebióticos (fructo-oligosacáridos, galacto-oligosacáridos, manano-oligosacáridos) son fermentados por el microbioma; simbióticos, aceites esenciales, enzimas, inmunoestimulantes, minerales orgánicos con base de aminoácidos (Zn, Cu, Mg, Fe, Co), bufferizantes.

En general se busca que el epitelio intestinal del lumen (abertura) sea una barrera fisiológica a las infecciones que causan el síndrome de chorro (diarrea) y la buena consistencia del tejido impide el paso de compuestos dañinos (bacterias y compuestos no digeridos), que pueden activar una cascada inflamatoria en la citokina NFκB provocando una producción excesiva de varios compuestos con oxígeno (peróxidos) para combatir microbios, pero que también dañan colateralmente a las células intestinales. Ante esta debilidad la E. coli se adhiere a las células intestinales para producir toxinas que inducen a la pérdida de agua y electrolitos dando por resultado la manifestación de la diarrea y sus efectos patológicos. El caso clínico se acentúa en presencia de alergénicos del alimento (pasta de soya mal cocida) y antígenos (peptidoglicanos de células o bacterias muertas) provocando más inflamación, porque son un sustrato nutritivo para la proliferación de otras bacterias

El lechón requiere mantener en el estómago un pH ácido ayudado por butirato sódico protegido que mejora las vellosidades intestinales, su integridad, tamaño y densidad aumentando la capacidad digestión y absorción de los nutrientes; glutamina, glicanos, creamina, creatinina, u otros ácidos orgánicos de cadena corta y sales enlistados en la siguiente tabla con sus propiedades físico-químicas; incluyendo ácido benzoico, antioxidantes de cimenol, flavonoides (polifenoles, proancianidinas). Los mananos son antioxidantes provenientes del cultivo de levaduras que actúan como anti polisacáridos protegiendo contra infecciones intestinales.

Name <sup>1</sup>	Physical form	Mol.wt/GE (MJ/kg)	Dissociation constant (pK <sub>a</sub> )	CR <sup>2</sup>	Odour
1. Formic	Liquid	46.03/5.7	3.75	++(+)	Pungent
2. Acetic	Liquid	60.05/14.6	4.76	+++	Pungent
3. Propionic	Oily liquid	74.08/20.6	4.88	++	Pungent
4. Butyric	Oily liquid	88.12/24.8	4.82	+	Rancid
5. Lactic	Liquid	90.08/15.1	3.86	(+)	Sour milk
6. Sorbic	Solid	112.1/27.85	4.76	(+)	Mildly acid
7. Fumaric	Solid	116.1/11.5	3.02/4.38	0 to (+)	Odourless
8. Malic	Solid/Liquid	134.1/10.0	3.46/5.10	(+)	Apple
9. Citric	Solid	192.1/10.2	3.1/4.8/6.4	0 to ++	Odourless
10. Ca-formate	Solid	130.1/11.0		0	Neutral
11. Ca-lactate	Solid	308.3/30.0		0	Neutral
12. Ca-propionate	Solid	184.1/40.0		0	Neutral
13. K-diformate	Solid	130.0/11.4		0	Neutral
14. Ca-butyrate	Solid	214.0/48.0		0	Rancid
15. Mg-citrate	Solid	214.4/10.0		0	Neutral
16. Na-lactate	Solid	112.1/15.0		0	Neutral

<sup>1</sup> Monocarboxylic (1-6); dicarboxylic (7-8); tricarboxylic (9); organic salts (10-16);  
<sup>2</sup> CR =corrosiveness rate: high (+++), medium (++), low (+), negligible (0).



Montmorillonita o bentonita es una arcilla de silicatos con propiedades antibacteriales, otras arcillas como zeolita, sepiolite, attapilgite, no son bentonitas, pero pueden ser secuestrantes de micotoxinas.

En general los resultados experimentales en granjas de cerdo no muestran mejoras contundentes en los parámetros productivos, pero 1378 genes pueden expresar su valor productivo. Las vellosidades del yeyuno son más largas y hay cambios en la estructura del microbioma de la ceca, con muchos beneficios generales en la homeostasis intestinal durante la síntesis de proteína y modulación inmune. La glutamina repara la pared intestinal durante la diarrea y es fuente de energía. La inclusión de betaína favorece la digestión. La cisteamina recubierta de grasa favorece la calidad de la canal y músculo magro. Las dietas con mucha pasta de soya son deficientes de ácido guanidinoacético precursor de la síntesis de Arginina-Lisina, su suplementación ahorra energía ATP para reducir su síntesis. Lisina y metionina son precursores de carnitina para lograr canales magras, por lo que su suplementación ahorra aminoácidos de alto precio. Lecitinas para la digestibilidad del alimento. Hay disponibles varias fuentes de enzimas de origen bacteriano y fúngico con actividades digestivas diferentes por cada grupo. El exceso de fibra incrementa el nitrógeno en las heces, pero liberan menos N en forma de gas y se formaron ácidos grasos volátiles con mejor estabilidad y masa de la microbiota intestinal que reduce la emisión de gases con efecto invernadero. La fibra y oligosacáridos estimulan la liberación de una hormona del crecimiento somatotropina. El incluir somatotropina recombinante en la dieta de finalizado deprime el consumo diario, pero aumenta la ganancia de tejido magro y en esta situación un exceso de lisina es contraproducente a la producción.

Hay polímeros de 3 o más carbohidratos en la fibra (salvado, cascarillas, pajas) que no son digeribles ni absorbidos en el tracto digestivo acumulan peso en el estómago y bajan el conteo de E. coli en el intestino. Reducen la diarrea durante el destete, podrían mejorar la producción. Las fibras solubles (cascarilla de soya, pulpa de remolacha agregada hasta 18%, inulina) reducen el crecimiento diario con menos energía y proteína digerida, pero baja la mortalidad. Los lechones chicos tienen preferencia por arroz blanco, avena extruida y pasta de soya. Evitan los granos molidos de avena, trigo, maíz, sorgo, cebada, sobrantes de panadería. De las proteínas prefieren harina de pescado, soya 45%, leche descremada, lupinus albus. No quieren proteína de papa, canola, gluten de trigo, girasol, concentrado de soya. Prefieren alimentos comprimidos sobre molidos en polvo. Al incluir pasta de canola en la dieta se debe suplementar con 1000 µg/Kg de iodo para contrarrestar cualquier efecto negativo de los glucosinatos. El iodo no mejora los parámetros productivos, pero es un excelente antioxidante y muy económico.

La microbiota produce 578 metabolitos. Los aditivos estimióticos no digeribles, adaptados a la microflora del sistema digestivo, fermentan xilo-oligosacáridos que ayudan a la fermentación natural de la fibra presente en la dieta produciendo ácidos grasos volátiles e incrementando la digestibilidad de algunas proteínas. Los

polisacáridos no amiláceos no estructurales como la pulpa de remolacha, o la cascarilla del grano de soya estimulan las bacterias intestinales para producir ácidos grasos volátiles, bajando la urea en la orina y el pH intestinal, con menos nitrógeno excretado en el ambiente. Hay moléculas de almidón resistentes al proceso de digestión en el estómago que modulan la composición del microbioma en colon y ceca estimulando la expresión del transportador monocarboxilado SLC16A1 y glucagón GCG, para producir ácidos grasos de cadena corta. La inclusión de lipofosfolípidos (lipidol, lisofosfolidil colina) y enzimas exógenas causan que la membrana del intestino permita el paso de energía, por una acción detergente que causa más permeabilidad, la harina de trigo se hace más viscosa y digerible. Con salvado de trigo se detectan transportadores catiónicos de AA y miosina. Agregar Daizeina (isoflavones) o lisoletinas con capacidad antioxidante presente en las leguminosas como el guar actúan como fitoestrógenos causando mayor ganancia de peso, elevando la insulina, testosterona y superóxido dismutasa. El extracto de semillas de la fruta de *Dimocarpus longan* Lour, se pueden incluir en 20% de la dieta ya que contiene polifenoles (carilagin, gallic, glicósidos flavonoides, ellagitánicos). Agregando polifenoles en la dieta estimula la expresión de los genes del desarrollo muscular, metabolismo de lípidos, incrementando la inmunidad. La pasta de *Camelina sativa* activa genes hepáticos. Extractos de *Lupinus angustifolius* tiene beneficios. En Dinamarca se exprimen los forrajes verdes para extraer su jugo y se deshidrata el líquido para sustituir la pasta de soya. Los aceites esenciales carvacol, thymol y otras 40 especias más (azafrán, vainilla Xanat), incluir eubióticos, plantas aromáticas con factores nutricionales que estimulan secreciones digestivas, reducen la acción de patógenos digestivos. Los terpenos mejoran 10% la ganancia de peso y 3% la conversión alimenticia. Incluir 10 ppm de Astaxantina un terpeno-carotenoide que combate la oxidación celular como antioxidante ampliamente usado en la acuicultura, con beneficios en avicultura, pero todavía experimental en cerdos, mejoró el color de la carne y redujo la grasa dorsal, pero no se obtuvieron incrementos de peso adicionales, [www.researchgate.com](http://www.researchgate.com). Si en la dieta de gestación se agrega 1.6% de inulina 90 días para acortar el tiempo del proceso o labor de parto y obtener más leche para alcanzar destete más pesado. Altos niveles de vitaminas A,B,C,D,E en la dieta actúan como promotores del crecimiento. Para emular los beneficios metabólicos del RAC se usa aceite de coco y girasol. Se requiere la consulta de expertos para incluir somatotropina en la dieta, si se desea exportar. Hay mercados que restringen su uso.

Es un momento épico para regular matemáticamente con un balance neutral los contaminantes CHON en la atmósfera y suelo, reducir la huella ecológica del sector porcino e incluso revirtiendo los saldos negativos mediante el aprovechamiento de energías voltaicas y eólicas.

### **Futuro de la nutrigenómica porcina sostenible**

La nutrigenómica es el estudio de la expresión de los genes y caminos metabólicos dependientes de los alimentos y nutrientes. La epigenética es el estudio de los

cambios heredables en la expresión de los genes que no implican cambio en su ADN. Ambos estudios enfocan la programación fetal con la nutrición y manejo preparto. Los alimentos y sustancias químicas naturales pueden regular genes y encender o limitar su expresión metabólica, factores de transcripción y funciones metabólicas que van a unirse a receptores del núcleo celular desde el intestino o músculos, metabolitos precursores o producción de proteína. Hay 500 genes relacionados con la miogénesis, metabolismo de la energía, estructura muscular, otros cDNA presentes. Hay una variación de 0.01% del polimorfismo en cerdos que expresa diversidad de expresión de los individuos. A mayor entendimiento de las múltiples reacciones bioquímicas se podrá mejorar la producción, crecimiento animal y calidad de la carne.

La nutrigenómica porcina sostenible para los núcleos reproductores lleva un avance de 10 años, pero los verdaderos valores acumulados para el pie de cría estarán presentes en el año 2030. Alcanzar el mejoramiento genético debe esperarse hasta el 2050 con líneas resilientes a enfermedades, reducción de agua potable, cambio climático desfavorable, mejorar eficiencia en nutrientes ya que el 18% de la energía se va en las heces, otro 3% en la orina, generar calor corporal 20%, hay muy poco alimento para producción. Los genes que ocupan la posición CD163 son clave para detectar genotipos resistentes a enfermedades virales e inmunidad a PRRS lows Wur del cromosoma 4. Se busca una genética con población robusta y resiliente, marcadores genéticos de resistencia a bacterias gen FUT1 para E. coli F18, caracterización genética de 38 fenotipos de inmunidad (innata y adaptativa), parámetros hematológicos y de estrés (agudo y crónico). Los problemas van a seguir existiendo, pero muchos avances productivos se han de lograr.

Las marranas altamente hiperprolíficas son más grandes con mayor musculatura, con talla larga, más glándulas mamarias y número de tetas que reciben un gran desafío durante la lactación al tener más de 14 lechones, son magras en su capa dorsal, presentan una constitución ósea más fuerte. Tienen mayor capacidad abdominal para la ingesta de alimentos. Hay que hacer adecuaciones nutricionales para esta genética, como en el rediseño de infraestructura de corrales o alojamientos, nuevos equipos e instalación de registros con monitoreo electrónico, todo un manejo en la porcicultura de precisión. Ello implica nuevo personal profesional y capacitación constantes, para alcanzar el cambio tecnológico.

Los objetivos de selección genética para las madres reproductoras: Eficiencia para finalizar la engorda 34%, habilidad materna 24%, tamaño de camada 20%, longevidad de la hembra 8% resiliencia 8%, calidad de la carne 3%, valor de la canal 3%



La industria porcícola no necesita más lechones nacidos, sino incrementar el peso al destete. Mejorar parámetros económicos de ganancia diaria de peso, conversión y eficiencias alimenticia, menos mortalidad. La mortalidad en destete en 2018 era de 3.47% y alcanza en 2021 4.41%. Ejemplo: Una granja con 28 lechones nacidos vivos por hembra por año con 5% de mortalidad hasta el destete, comparado con un sistema de producción que alcanza 30 lechones nacidos vivos por hembra por año, pero con 10% de mortalidad, destetan los mismos lechones. Hoy por hoy los enfoques de selección genética se dirigen a la producción de leche de la marrana cambiando su morfología y fenotipo y no ejemplares de exposición. Un ejemplo exagerado sería si una hembra tiene dos lechones al parto, hembra y macho, con alto peso al nacer, conformación corporal perfecta, aplomos, número de tetas, obtienen 2 pezones cada uno para lactar, alcanzan el máximo peso al destete. Estos ejemplares no son seleccionados para el pie de cría porque el total del peso de la camada al destete es bajo. Como individuos son buenos para competir en una exhibición de la feria, no como candidatos a reemplazo reproductor. Su madre se saca del núcleo reproductor por bajo desempeño. Otra camada con 18 lechones nacidos vivos de menor peso y desteta 16 lechones. Un tercio de los lechones de la camada sin ser ejemplares magníficos, pueden ser seleccionados como reemplazos y su madre se queda en el núcleo reproductor. El resto de los animales pasa a la engorda.

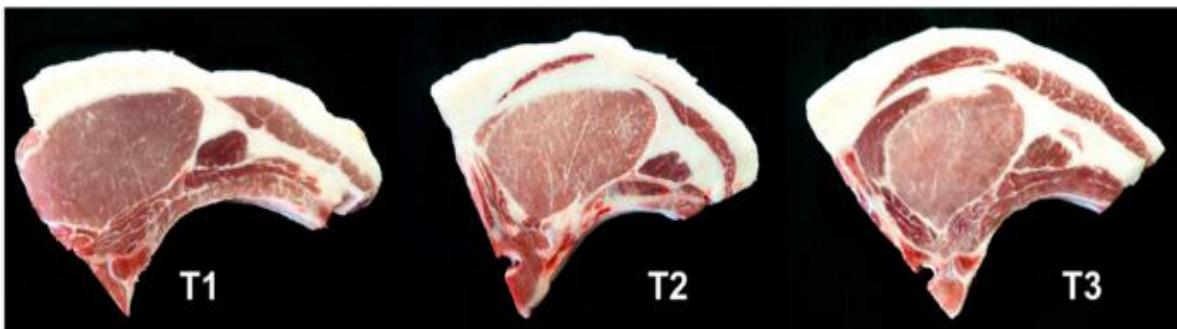
El INIFAP de México registra 30 lechones destetados por hembra por año. Las marranas alcanzan una esperanza de vida produciendo 70 cerdos al rastro. Las granjas con más alta tecnología, el 54% de su pie de cría logra más de 14 lechones destetados al parto y en este grupo tan solo el 10% obtiene más de 16 lechones.

Los avances en la producción y productividad son evidentes

INDICADOR	1980	2022
Tasa de parición %	83	85-95
Lechones nacidos totales	10	15-17
Lechones vivos por camada	9	13-15

Mortalidad de lechones %	10	3-16
Destetados por hembra	8	11-13
Partos/Hembra/Año	2	2.5
Destetados/Hembra/Año	16	36
Mortalidad de las hembras %	2	2-15
Edad al destete	28	21
Peso al destete kg	5	7
Peso de venta	95	130
Conversión global	3.5	2.6

La nutrigenómica no altera el DNA o modifica los genes, busca selectivamente encender o apagar la actividad de genes, ello ha permitido que los sementales terminales de la raza Duroc logren avances genéticos en 4 años para reducir severamente la grasa dorsal y al mismo tiempo superar los valores de marmoleo muscular. Un grupo de investigadores de Tailandia mejoraron la calidad de la canal con dietas bajas en lisina incluyendo semillas de *Perilla frutescens*. Foto mdpi-res



Las mejores razas para marmoleo de cortes son representadas por la Landrace italiana, Vasca o Ibérico, Wujin, Mangalista, Meishan, Gascon, Kurobuta, Jeju black,

Una alimentación pobre de la marrana en el último tercio de la gestación causa en el recién nacido un incremento de glicoproteína intestinal favoreciendo las poblaciones de *E. coli* e incluso otras bacterias dañinas.

Usando salvado en la dieta se puede conocer el contenido de betaína y creatinina en la sangre y darle seguimiento a su eliminación del plasma para valorar la calidad de la dieta. La metionina en la dieta de gestación participa en la calidad e implantación del ovocito su crecimiento y desarrollo fetal hasta el peso al nacer. Mejora el tejido del útero con más depósito de proteína y flujo sanguíneo. Otros donadores de metilo como ácido fólico, colina, vitamina B6 y 12 reaccionan en el proceso. La suplementación de éstas vitaminas y niacina para evitar la síntesis de triptófano (que es muy caro) en niacina, incrementan los niveles de homocisteína en el plasma del embrión fortaleciendo la competencia inmune. Estos lechones al nacer tienen un crecimiento rápido y generan metabolitos intermedios y potencialmente dañinos a la salud si quedan libres, por lo que necesitan eliminarlos por medio de suplementos vitamínicos por arriba de las especificaciones del

requerimiento nutricional tradicional. La suplementación con vitamina A, D y cobre en la dieta de las marranas gestantes incrementa el peso al nacer. Un nivel bajo de homocisteína en el suero sanguíneo incrementa los linfocitos en señal de alarma. El cerdito de 6 semanas convierte rápidamente el triptófano en nicotinamida si la dieta es baja en vitamina B3 y B6. Excepto en la raza Pietrain que tiene esta reacción más lenta que la raza Duroc y por ello logra más depósito muscular del triptófano. Los Duroc presentan más carnosina ( $\beta$ Alanina+LHistidina) se puede suplementar extra. No es conveniente incrementar los niveles de proteína de la dieta ya que provoca un incremento de la temperatura rectal, doblemente inconveniente en días calurosos. Fortificando con aminoácidos artificiales se atenúa la presencia de *Salomella*. Una dieta de destete con 23% de proteína y sin antibióticos el cerdito es altamente susceptible a diarreas, hay que ajustar a 16% con suplemento de AA sintéticos e incluir enzimas fosfatasa-fitasa u otras alcalinas. Las estrategias [www.pig333.com](http://www.pig333.com) señalan que la dieta con alta proteína causan metabolitos tóxicos en el lumen (amonio, H<sub>2</sub>S, aminas), bajar la proteína a 17% pasada una semana al destete minimiza la fermentación de la proteína y reduce diarreas. Una dieta de 13.5%CP con ingredientes altamente digestibles para cerditos de 10-20 Kg de peso cumpliendo con los requerimientos nutricionales de amino ácidos incluyendo AA sintéticos se avanza bien. Dietas altas en proteína reducen la expresión del acetil carboxidasa CoA, baja la expresión del transportador de carboxilo. Una dieta de 14.5%PC altera el metabolismo del consumo de energía muscular ayudando al marmoleo, causando menor síntesis en las cadenas de proteína. Con poca proteína se mejora la eficiencia de los transportadores de aminoácidos en el músculo esquelético y la digestibilidad de la proteína total. Los genes que codifican proteínas eIF2B1, eIF4e activados principalmente por leucina y arginina. Los antibióticos también actúan a incrementar la expresión de genes transportadores de aminoácidos (CAT1, EAAC1, ASCT2, LAT1) y de péptidos PepT1 en el intestino delgado. La suplementación con aminoácidos sintéticos estimula genes transportadores +AT y b0 en duodeno, en el ileum el gen BOAT1. Engormix

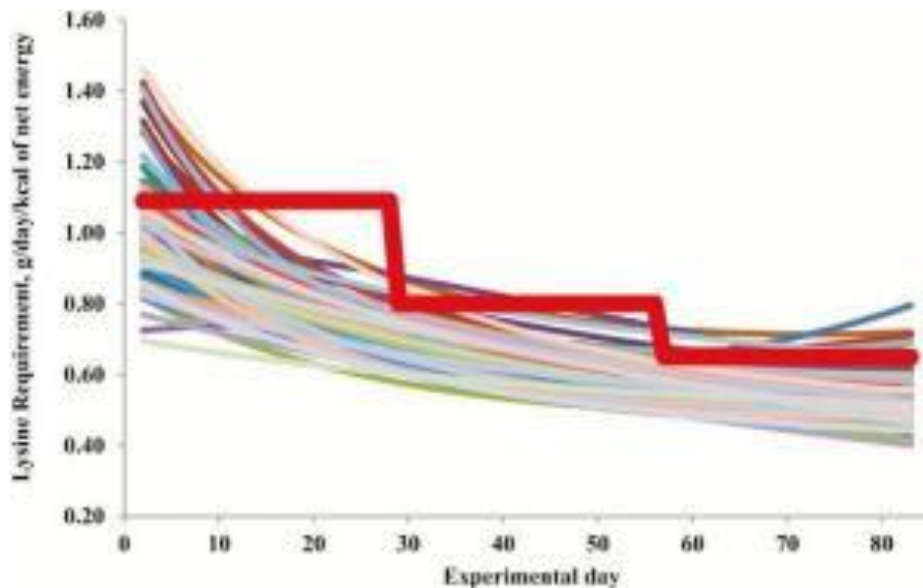
Subir el nivel del carbonato de calcio CaCO<sub>3</sub> por su capacidad buferizante en apoyo al estrés calórico, se sube el Ph del estómago, cuando se necesita que el ambiente sea ácido. Causa que baje la digestibilidad de la proteína y baja la actividad o acción soluble de la fitasa. Baja el consumo de alimento, menor utilización del Zn y P, se pueden presentar piedras en riñón, baja la tasa de crecimiento aún más si hay deficiencia de fósforo o rango alto de Ca:P.

El sulfato de cobre y el óxido de zinc son suplementos minerales que se incluyen en la dieta por arriba de los requerimientos nutricionales a nivel terapéutico para lograr un efecto antimicrobial modulando positivamente la microbiota intestinal con mejoras en el incremento de peso diario. Reducen drásticamente el uso de antibióticos en la dieta como promotores del crecimiento. Sin embargo, el 90% del excedente mineral es excretado en las heces, por lo que países importadores de carne exigen regular estas cantidades. El sulfato de cobre CuSO<sub>4</sub>\*5H<sub>2</sub>O de la dieta

pasa a través del estómago como ion cuproso  $Cu^+$  llegando reducido al intestino en forma iónica  $Cu^{++}$  donde puede ser absorbido por la membrana de los enterocitos y en presencia de bacterias ocasionan una inhibición en la liberación de la enzima hidrolasa producida en la bilis. La bilis utiliza 0.01% del cobre suplementado y el hígado solo acumula 1%, así que el 83% del  $Cu$  se excreta en los excrementos y el resto por la orina. El óxido de zinc  $ZnO$  ayuda a los lechones destetados en un momento de baja inmunidad inhibiendo poblaciones de *Escherichia. Coli* y *Lactobacillus spp* que pueden provocar diarreas. Pasando de la dieta al estómago se disocia en  $ZnO^{++}$  causando estrés oxidativo a las membranas de las bacterias los que minimiza sus poblaciones de ataque fisiológico. La falta de niveles terapéuticos de  $Cu$  y  $Zn$  en la dieta obligan a buscar alternativas como reducir los niveles de proteína, incrementar las cantidades de aminoácidos artificiales, no alterar el balance de la microbiota del sistema digestivo, mantener la integridad de la mucosa intestinal y sus funciones inmunes. Las formas orgánicas de zinc no sustituyen las acciones antimicrobiales de los minerales. Si bien el glucinato de zinc reduce pérdidas de la canal fría minimizando el estrés oxidativo de la carne, mejora la fertilidad de las hembras y se obtienen menos lechones de bajo peso al nacer.

Si la dieta contiene micotoxinas es conveniente incluir metabisulfito de sodio para secuestrar toxinas. Los aceites poliinsaturados pueden afectar el sabor de la carne. Incluir 1000 mg/kg de magnesio en el alimento previene la exudación PSE de la canal.

Para cerdos en crecimiento se han determinado 5 fases para valorar los niveles de lisina acordes al nivel de consumo por edad o peso. La Universidad de Kansas ha puesto para su consulta libre el Swine Lysine Calculator. La gráfica muestra la lisina digestible ileal.



Agregar LCarnitina un AA que regula la homeostasis de la energía por medio del acetil CoA en el citosol y mitocondria en la dieta encadena una transcripción en la carne, mejorando la masa muscular y estructura ósea al estimularse señales de IGF-1 que inhiben la expresión de 211 genes y otros que están apagados, inhibidos, silenciados o atrofiados proapoptótico. Incrementa las miofibras musculares y miosina. En hembras LCarnitina logra más lechones vivos al nacer, no incrementa el peso individual del lechón al parto, pero si el peso total de la camada. Los estudios de transcripción con glutamina 76 en el intestino, un aminoácido esencial en la división celular, intervienen en la síntesis de purina, pirimidina y síntesis de arginina. Tienen una respuesta positiva en los mecanismos moleculares y expresión de genes en crecimiento y desarrollo del sistema digestivo de lechones, removiendo los oxidantes, pero minimizando los genes que activan la inmunidad. La suplementación de 0.8% de LArginina desde el inicio de la dieta de gestación fortalece la circulación sanguínea, el crecimiento placentario, desarrollo fetal embrionaria por la vasculogénesis y angiogénesis; favoreciendo la sobrevivencia de embriones, que resultan en más lechones nacidos vivos, de mayor peso al nacer y alcanzan mejor crecimiento al destete. Afecta la expresión placentaria de 575 genes, de los cuales 146 son activados y 429 genes son regulados a una menor actividad. La expresión diferenciada de genes influye en el metabolismo de los nutrientes, producción de poliaminas, síntesis de proteína, proteólisis, angiogénesis, desarrollo inmune, respuestas antioxidativas, promueve una fuerza adhesiva entre la membrana corioalantoidea y el epitelio endometrial, como funciones de insulina, transformación del factor del crecimiento  $\beta$  y la ruta de señalización Notch controlando los destinos celulares. La glutamina ayuda a prevenir la disfunción y atrofia intestinal al cambiar de lactancia a comida sólida o grumos. Una dieta con menos de 30% de treonina señala que la transcripción en el íleo alteró la expresión de 320 genes involucrados en las defensas, inmunidad, síntesis de proteína, metabolismo de energía. Se incrementó la permeabilidad celular y la absorción de la glucosa, afectando la integridad intestinal.

Para las marranas se busca un crecimiento fetal (arginina, ácido fólico, betaína, vitamina B12, carnitina, zinc, cromo). El suplemento de cromo no ha funcionado, debe estar como nutriente natural de los insumos de la dieta. Para formarse el calostro se presenta una gran demanda de proteína en la hembra para poder formar 450 compuestos que constituyen el calostro. Para incrementar el volumen de calostro y mayor producción de leche (DLMetionina, ácido DL-2-hidroxi-4-metiliobutanoico, arginina, LCarnitina, triptófano, valina, vitamina E, fitogénicos 77 activos. Para modular en la marrana su estado oxidativo e inflamatorio (ácidos grasos poliinsaturados, vitamina E, selenio, fitogénicos activos, plasma seco).

Después de la monta, a los 12-25 días se puede reducir la mortalidad embrionaria y fallas en la implantación. En los 35-75 días ocurren pérdidas ya que la placenta necesita desarrollarse para sostener la capacidad de oxigenación sanguínea y demandas nutritivas de los embriones. En el primer 1/3 de la gestación existe



necesidad de aminoácidos arginina, leucina, glicina en el lumen del útero alrededor del proceso de implantación para activar funciones celulares del ambiente intrauterino. Durante la implantación hay un proceso inflamatorio histotrófico con altas intervenciones de citoquinas, limphokinas, hormonas, enzimas y factores de crecimiento considerados de riesgo por la gran actividad de la mucosa intrauterina. Por tanto, la aportación de nutrientes, compuestos que ayuden a bajar el proceso inflamatorio y estrés oxidativo son ideales para disminuir la reabsorción embrionaria temprana. A los 2/3 del final de la gestación se observan carencias de aminoácidos no esenciales en el ciclo de Krebs y ciclo de la urea con las vías metabólicas de arginina y glutamina. El máximo crecimiento de tejido y funciones de la placenta se incrementan para proveer sustratos y nutrientes que regulen la expresión genética, síntesis de proteína, angiogénesis. Para una camada numerosa y crecimiento fetal se incrementa el nivel de cromo (insumos con cromo, no suplemento), agregar suplemento de LCarnitina y ácidos grasos omega, lisina y LArginina. Además, muchos aminoácidos ramificados al final de la gestación deben estar incrementados en las diferentes dietas de cambio o transición para reducir la acción catabólica del momento fisiológico. De esta manera los alimentos con capacidad vaso dilatadora en la dieta de las marranas, pueden aumentar la capacidad de transferir nutrientes al embrión a través del útero y cordón umbilical que mejoran la vascularización de la placenta. A mayor crecimiento placentario se obtiene un feto más nutrido. El crecimiento fetal se acentúa después de los 77 días de gestación y se incrementa en la dieta de la marrana mayor cantidad de aminoácidos para que las células tropoplásticas mTOR retomen la señal de los aminoácidos hacia los fetos. Una dieta de gestación baja en proteína 6.5%PC causa que muchos fetos desarrollen deficiencias intrauterinas por un pobre metabolismo de las lipoproteínas. Una dieta baja en energía solo afecta la condición corporal de la hembra y no del feto. Subir el consumo de alimento 20% al final de la gestación ayuda a que la madre suba de peso, pero no hay efecto positivo en los fetos. Incrementar abruptamente el alimento una semana antes del parto se disparan los aminoácidos y energía consumida causando un sobre peso de la hembra, sin efecto positivo en los lechones. Una marrana con exceso de grasa corporal se le dificulta el proceso de parto, genera resistencia a la insulina, causa desbalance metabólico para la siguiente lactación. Se conoce bien en la práctica, pero se siguen presentando cerdas gordas al parto.

Es importante enlazar la genética con la nutrición, ambas deben trabajar simultáneamente y juntos. <https://research.wur.nl>

Al incluir vitamina E y selenio en la ración se inhibe la transcripción de genes que causan la fosforilación oxidativa indicando que el oxígeno liberado es enlazado. Bajas dosis de vitamina A en el alimento mejoran la calidad de la carne. La función normal de la hormona de la tiroides es transcrita por el selenio. Los leucocitos modulan el perfil de los genes del sistema inmune, células neurales haciendo cambios fisiológicos. Incluir selenio en la dieta para marranas en lactación permite

que el lechón absorba mejor el calostro. Ofrecer el consumo de selenio al largo plazo mejora el sistema inmune innato ya adquirido.

Los animales pueden ser inoculados al incluir en la dieta cepas de *Kazachstania slooffiae* un hongo benéfico de las excretas para controlar *Enterococcus* y otras bacterias dañinas. Por medio de tecnología genómica se están estudiando más de 200,000 enzimas de interés comercial cultivando hongos, bacteriófagos, levaduras para aislar esas proteínas antibacteriales, proteolíticas, oxidativas e hidrolizantes. Cepas de *Lactobacillus* y *Prevotella* producen aminoácidos que mejoran el crecimiento del lechón. Hay hospederos virus naturales protectores que reducen infecciones y regulan el sistema inmune del animal. Estas líneas de investigación son como las levaduras del futuro.

## Conclusión

Los avances de la investigación del pasado al futuro aplicada en el campo apoya la producción rentable de forma segura, aplicando tecnología de precisión, para obtener una mayor cantidad de proteína animal y derivados de la carne del cerdo, criando animales con el mejor manejo zootécnico, nutrición y cuidados propios del bienestar animal, utilizando eficientemente y con menor impacto ambiental los recursos naturales de manera sostenible, para alimentar sanamente a la población mundial existente y futuros habitantes en generaciones venideras.

## Bibliografía

<https://www.extension.iastate.edu/news/new-pork-industry-sustainability-tool-and-fact-sheet-available> The wean to finish pork sustainability calculator del Iowa Pork Industry Center

<https://www.nature.com/articles/nature11622>

[https://www.pic.com/wp-content/uploads/sites/3/2021/03/PIC-Nutrition-Manual\\_English-Imperial.pdf](https://www.pic.com/wp-content/uploads/sites/3/2021/03/PIC-Nutrition-Manual_English-Imperial.pdf)

<https://bmcbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1741-7007-10-90>

<https://cabiagbio.biomedcentral.com/articles/10.1186/s43170-022-00111-9>

<https://www.pigprogress.net/webinar-accelerate-your-piglet-vision/>

**Feuchter A.F.R.** 2022 Creep feeding lactating piglets.

Feuchter A.F.R. 2022 Nueva porcicultura sostenible.

Feuchter A.F.R. 2022 Avances del siglo XXI en la nutrigenómica porcina

Feuchter A.F.R. 2005 Producción de cerdos de vida sana, sin antibióticos y transgénicos. [https://www.amvec.com/memories/memorias/2005/2005\\_017.pdf](https://www.amvec.com/memories/memorias/2005/2005_017.pdf)

Feuchter A.F.R. 2018 <https://www.porcicultura.com/destacado/Los-avances-de-la-investigacion%252C-del-pasado-al-futuro>

<https://bmeditores.mx/porcicultura/asistencia-del-parto-suministro-de-calostro-al-lechon-iii/>

[https://mdpi-res.com/d\\_attachment/foods/foods-11-00907/article\\_deploy/foods-11-00907-v3.pdf?version=1649417779](https://mdpi-res.com/d_attachment/foods/foods-11-00907/article_deploy/foods-11-00907-v3.pdf?version=1649417779)

[https://www.researchgate.net/profile/Michael-Tokach/publication/38419956\\_Effects\\_of\\_dietary\\_astaxanthin\\_on\\_the\\_growth\\_performance\\_and\\_carcass\\_characteristics\\_of\\_finishing\\_pigs/links/00b7d531bfd8e8de93000000/Effects-of-dietary-astaxanthin-on-the-growth-performance-and-carcass-characteristics-of-finishing-pigs.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Michael-Tokach/publication/38419956_Effects_of_dietary_astaxanthin_on_the_growth_performance_and_carcass_characteristics_of_finishing_pigs/links/00b7d531bfd8e8de93000000/Effects-of-dietary-astaxanthin-on-the-growth-performance-and-carcass-characteristics-of-finishing-pigs.pdf?origin=publication_detail)  
**INIFAP** <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5866>  
[https://www.pig333.com/articles/feeding-strategies-for-excellence-at-weaning-piglet-feeding\\_15654/](https://www.pig333.com/articles/feeding-strategies-for-excellence-at-weaning-piglet-feeding_15654/)  
<https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/nutrigenomica-desarrollo-nuevos-alimentos-t48418.htm>  
<https://research.wur.nl/en/publications/improving-feed-efficiency-in-pigs-bridging-genetics-and-nutrition>  
<https://www.porcicultura.com/destacado/Los-avances-de-la-investigaci%C3%B3n,-del-pasado-al-futuro>  
[https://www.amvec.com/memories/memorias/2005/2005\\_017.pdf](https://www.amvec.com/memories/memorias/2005/2005_017.pdf)  
<https://fdocumento.com/document/formatted-produccion-de-cerdos-de-vida-el-uso-de-contenedores-y-la-programacion.html?page=3>  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612660005>  
<https://studylib.es/doc/7223487/descargar-completo-el-ejemplar-de-octubre-2006>  
**https://www.gob.mx/aserca/documentos/revista-claridades-agropecuarias**  
Feuchter A.F.R. 2018 Diagnóstico sonorenses y nacional ganadero.  
<https://online.pubhtml5.com/lgdk/gvxf/#p=15> página 12-18 # 282  
Feuchter A.F.R. <https://online.pubhtml5.com/lgdk/tixa/#p=30> página 29.43 #286