Resultados sostenibles de la nutrigenómica porcina (Parte I)

FERNANDO R. FEUCHTER A.
Universidad Autónoma Chapingo
Centro Regional Universitario del Noroeste (México)

INTRODUCCIÓN

La porcinocultura 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 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 alcance un consumo mundial de 150 millones de toneladas y pasará a ocupar el primer escalón, seguida de la carne de cerdo con 130, bovino 75, 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 zoosanitaria con bienestar de la cría y manejo sostenible de la producción.

Actualmente, en julio 2022, ante un entorno económico de inflación mundial la actividad porcícola encabezada por China, Estados Unidos, 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 clembuterol ((4-amino-α[(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 CuSO4 por arriba de sus requerimientos nutricionales y el óxido de zinc, ZnO, prohibido el uso en Europa desde junio 2022, debe 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, y validación de granjas verdes aprobando el impacto ambiental. Las granjas en España desde 2019 no pueden ser más grandes de 3.300 hembras. Los adultos y lechones deben recibir, al menos, 30 minutos de luz solar o irradiación de verano (hemisferio norte) con onda ultravioleta 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.

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		

TABLA 1 Estrategias y alternativas para combatir la resistencia antimicrobiana.

La transferencia a través de la placenta y del calostro a los lechones es baja para vitaminas A βcaroteno, 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*, e*nterobacteria, enterococus faecium, helicobacter pylori, Staphylococus aureus, Streptococus pneumoniae, Acientobacter baumannii, Haempohilus influenzae*, etcétera. 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 antimicrobiana para bajar las poblaciones de patógenos en las granjas son las siguientes *(Tabla 1):*

Para enfrentarse a 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 el ordenador. 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 (consultar en referencias bibliográficas).

Debemos considerar constantemente los cambios de precios de los insumos e ingredientes más caros. Durante el año 2022 se alcanza el 70% de incremento en el coste de producción de cereales, los aminoácidos artificiales pueden sustituir el 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 aminoácidos 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, preparto, lactancia, durante el celo y fecundidad. Tradicionalmente, la integración es de porcicultores que buscan crecer en el número de reproductoras para generar una marca comercial. Hoy en día hay mataderos que adquieren 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 de un 40% de su producción ya que es un país libre de la peste porcina clásica e importa el 40% del volumen de carne de cerdo para satisfacer la demanda.

Las organizaciones de productores se han unido en instituciones como Opormex, Oporpa, Instituto Mexicano de la Porcicultura, México unido en la proteína animal MUPA, que agrupa ocho 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 un 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 µ, para adultos en promedio 800 µ y en finalizado 500 µ. Los granos pequeños como trigo y sorgo se sugiere rolarlos. Es bueno dejar un poco de grano entero para estimular la masticación y salivación.

Desde 1959, la eficiencia alimenticia en Kg de alimento/Kg canal ha mejorado 6,6 kilos de alimento y en 2009 alcanza los 4,4 kg alimento/kg carne en canal. Para ›

este año 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 grano 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 ecologistas que acusan al porcicultor del desequilibrio ambiental, organizaciones que exigen igualdad animal acusan de maltrato, cultivos de laboratorio para sustitutos de carne artificial que ocuparán el 10% del consumo de proteína por 55 millones de toneladas anuales, aunque todavía deben solventar su inocuidad, hasta lograr el convencimiento de incrédulos y veganos aceptando el consumo de embutidos y carne de cerdo.

Nunca hay que olvidar que existen 800 millones de personas con hambre, 2.500 millones de habitantes tienen deficiencias nutricionales. Dejar de alimentar con animales de granja no aporta la solución de esta desigualdad social y económica. Hay que enfocarse en la realidad del problema alimentario y partir del desabastecimiento mundial de comida.

Ante todo, la actividad porcícola 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 Estados Unidos. Los inversionistas de una nueva tecnología necesitan conocer el valor neto de ganancia y el retorno de la inversión (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, en el año 2022, la actividad porcina tendrá una pérdida de mercado del volumen de consumo mundial y con menor rentabilidad que en los años 2019, 2020 y 2021. En México, se puede reducir la producción que alcanza 1,3 millones de toneladas anuales. Durante este tiempo, las alteraciones de los ciclos de exportación de productos cárnicos se explican con la persistente pandemia de la Covid-19, con brotes en muchos países todavía en julio de 2022, que han retrasado el abasto de insumos para las industrias. La aparición en Asia en agosto de 2018 y su expansión a Europa del brote de peste porcina africana (PPA), su control 2020 y el ciclo de reincidencia 2022 cambiaron los precios, volúmenes y países del mercado internacional.

Estalla la lamentable invasión declarada de Rusia-Ucrania con consecuencias civiles y afectaciones de vidas humanas, causando un desequilibrio en el abasto y precios de los combustibles y energía eléctrica, así como en la distribución y transporte de cereales. Se esperan cambios más drásticos si la candidatura 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. Cierto es que Rusia sigue surtiendo de gas a Europa y carne de cerdo a China, un país importador de 5,5 millones de toneladas en 2020, y se estima en 2,2 millones las importadas en 2022.

Son muchos los países que participan en la producción de carne de cerdo y otros menos salen al mercado de exportación de productos 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 de 2022 hay países como Estados Unidos, China y varios de Europa que están enviando el 10% del hato reproductor de cerdas al matadero, 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 año 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 actualizado en el año 2017, con una extensión total de la secuenciación genética de 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, y 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 engorde. Un QTL en el cromosoma 8, con características para secretar fosfoproteína-1, mejora la supervivencia de los lechones en toda la camada, ya que regula el transporte de agua e iones en placenta. El conocimiento científico avanza y se actualiza. Se presenta una realidad al considerar 50 nutrientes que habitualmente componen la dieta en la que participan,

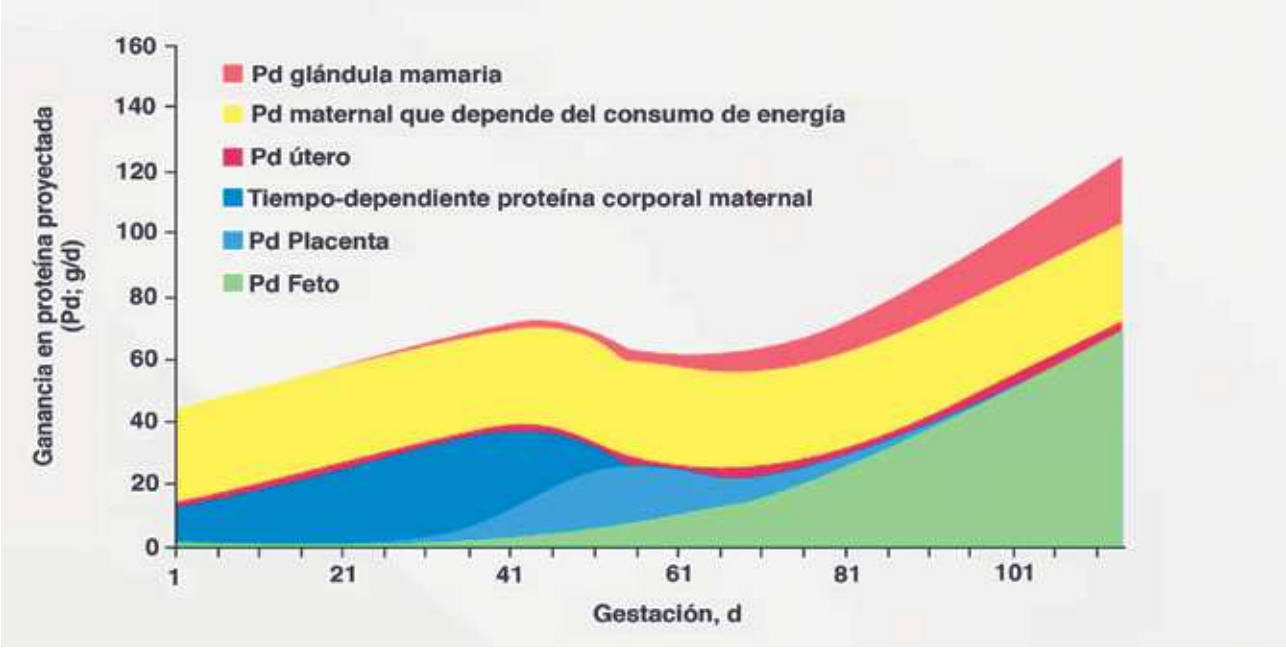

FIGURA 1 Ganancia total de proteína proyectada para distintos grupos proteicos a través de la gestación (NRC, 2012).

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 continuada, 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 modificación de histiones), 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*, los 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 engorde es muy dinámico, hay un constante y progresivo cambio cada tres años y la selección de reproductores avanza cada cinco 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, α-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 atiborrada que luego no puede ser analizada y aplicada y se deja en el olvido. De ser así, debemos pedir ayuda a un consultor profesional.

Grandes avances se han logrado para alcanzar las metas del potencial genético en los últimos cinco años con ›

FIGURA 2 Edición de genes.

el fin de obtener modelos naturales sin clonación de animales más robustos y resistentes a enfermedades como el PRRS, gastroenteritis trasmisible, senecavirus (ántrax), fiebre porcina clásica, influenza, pseudorabia. Se elaboran protocolos aplicando genética de precisión para reducir el impacto ambiental con menos gases de efecto 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, disminuir la mortalidad de lechones durante la lactación, minimizar la acumulación adiposa subcutánea en la etapa de engorde proveniente de la energía de la dieta y mejorar fisiológicamente la habilidad subóptima de digerir los insumos y nutrientes (proteína, fibra, minerales, energía). También hay que sobrellevar el estrés calórico corporal, minimizar la susceptibilidad a patologías, aplicar exitosamente alternativas para sustituir el uso de antibióticos y reducir los costes totales de producción. En todos los niveles del sistema de producción, es imperativo incrementar y repasar 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 antimicrobianos. 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 seres humanos tenemos 100 enfermedades genéticas relacionadas con el metabolismo. Anteriormente, se realizaban experimentos con roedores, conejillos de indias y primates en el laboratorio; hoy se alcanzan grandes logros en medicina clonando cerdos para el trasplante de órganos y no solo válvulas del corazón o recogiendo bilis.

Hay cerdas 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 sustituidas por los antibióticos. La molécula de lisozima mata bacterias gram+ destruyendo su membrana celular. No se 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 supervivencia. La edición del locus UCP1 de un ratón estableció esta facultad reguladora reduciendo la deposición de grasa corporal, ello permitió reducir costes de energía calórica y mejora de la eficiencia alimenticia. Un marcador para deposición de grasa es *PCK1 C.2456c>A* y se han identificado otros polimorfismos. Utilizando un gen *Delat12* de la espinaca, los cerdos pudieron sintetizar ácido graso linoleico y otros con el gen *hfat1* humano pudieron sintetizar ácido graso Omega 3 similar al de los peces. Para reducir las alergias con el consumo de carne de cerdo, un xenotrasplante del gen *GGTA1* eliminó este riesgo. Se elimina un azúcar α-γ en la superficie de la célula evitando así la alergia a personas susceptibles. Así se produjo el *GalSafe pig*.

Las modificaciones genéticas 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 más eficientes como la fitasa, 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 fítico usando diversas fitasas. Algo similar con β Xilanasa y pectinasas mejora la eficiencia alimenticia. Los animales

transgénicos lograron desintoxicar los efectos negativos de las aflatoxinas y factores anitnutricionales (ácido fítico, taninos, lecitina (aporta energía y fosfolípidos), alcaloides, oxalato, glucocianuros, fenoles (antioxidante), saponinas (reducen tumores), aminoácidos tóxicos, antivitaminas, gosipol, goitrógenos, azúcares que producen flatulencias (rafinosa, stachiosa, verbascosa), ácido clorogénico, haemaglutininas, lisinoalanina, estrógenos), isoflavonas (antiinflamatorio) de los insumos alimenticios y cereales 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 y con alcance comercial, que trasmitan 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.* El 60% de las amas de casa no desean carne clonada, pero sí aceptan salmones y el mercado mundial del cerdo genéticamente modificado se distorsiona si un país prohíbe su consumo.

Los principales productores de pie de cría reproductor de núcleos de Estados Unidos, Europa y China se han unido para buscar y encontrar, a través de incrementar las poblaciones de animales, 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 recogida en las granjas. Al incrementar el banco de datos se mejoran las opciones de selección de ejemplares con características deseables para la reproducción. Se han realizado esfuerzos nacionales e internacionales, pero no todos han participado aportando sus registros.

RESULTADOS APLICABLES A LA PRODUCCIÓN

Los pilares de la producción continúan aportando mejoras. 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 y muerte embrionaria temprana para solucionar problemas. Se intenta el semen congelado y se mejoran los diluyentes del semen frío, se avanza después al semen encapsulado buscando reducir las dosis de espermatozoides y hacer rendir más a los sementales selectos. Posteriormente, se diseñan catéteres para inseminación y se busca la aplicación cervical y colocación de semen con endoscopía.

Durante 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 en 2022 (15%), prolapsos uterinos en el 3% de la piara e incremento en la mortalidad de los lechones y destetados, pudiendo alcanzar 20-30% en todo el ciclo de producción. Con alimentación BUMP se incrementa el alimento durante el último tercio de la gestación disminuyendo 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, incrementando la susceptibilidad al virus de PRRS en Europa y una cepa *L1C144* en Estados Unidos redujo un 3% los parámetros reproductivos. En México, en 1990, se le identifica como síndrome viral reproductivo y respiratorio porcino (PRRS).

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

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

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 significaron 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 un 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 un sustituto de leche en polvo reconstituido a los 15 días de nacidos. Implementar una lactación intermitente en 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 cuatro años de selección genética se puede incrementar el peso al nacer, lo que permite lograr 1,5 más lechones adicionales al destete por hembra y año. Las metas en el corto plazo son 35 lechones/hembra/año, buscando 40 y llegar a 45. La ganancia media diaria de peso: 1.150 gramos con conversión alimenticia CA de 1,85 buscando mejorar a 1.250 gr/día y CA 1,65. Después, 1.500 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 y se controlan los 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 disminuye la liberación de lipasa gástrica, por lo que la dieta al destete debe reducir levemente su contenido de grasas, ya que no está presente la protección de la leche materna y se suceden trastornos digestivos.

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

Una dieta de destete con 6 Kg/Ton de glutamato 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 juntan ambos productos mejora la salud del animal 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 los cereales. Por ello, el lechón baja su ritmo de crecimiento de la etapa de lactación al destete. Las enzimas a las cuatro semanas: proteasa, amilasa, maltasa y 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 le apetece el alimento, por lo que, durante una semana, se le debe ofrecer paulatinamente en un tapete 20 gramos por cerdo dos veces al día. Los cerdos destetados que no quieren comer pueden tomar una masa húmeda de alimento o, con jeringa, ofrecerles una pasta alimenticia del 60% con 40% de agua. A los 56 días de edad se incrementa 10 veces la acción de la tripsina para digerir proteína vegetal, pudiendo alcanzar un peso compensatorio, pero no es el objetivo recuperar después, sino de avanzar diariamente sin pérdida de tiempo en la ganancia media diaria de peso.

La cerda en lactación puede producir más de 25 litros de leche diarios, 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 la capacidad digestiva para ingerir 500 mililitros de leche diariamente. El lechón selecciona su teta personal a los tres días de edad y unas glándulas son más productivas que otras, por lo que no son uniformes durante la lactación. A los 7 días pueden mamar más de 1,5 litros por lechón por día. Después de los 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 activar los genes que darán una mejor respuesta económica a la reproducción y crecimiento muscular. Nunca debemos usar azúcares o mieles para aportar energía a lechones lactantes.

Las dietas especializadas se aportan en la sala 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 citoquinas circulantes, el 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 ofrece una 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

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

TABLA 2 Parámetros productivos al destete.

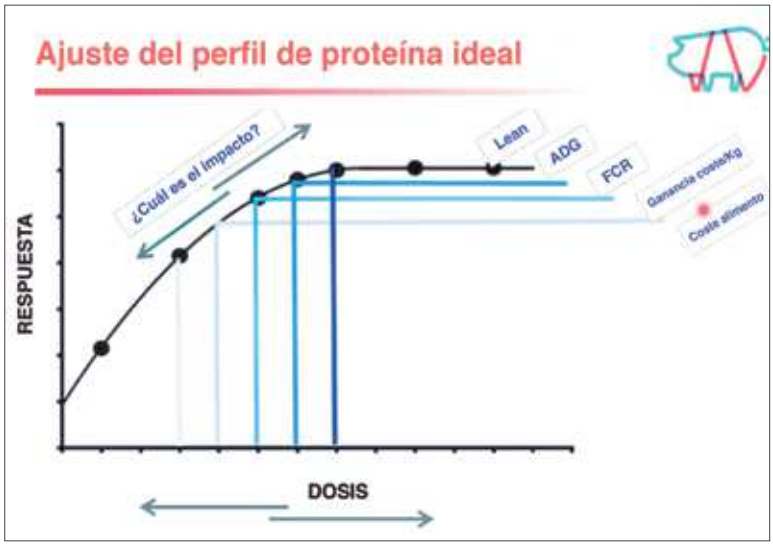

FIGURA 3 Principales características de las cepas virulentas del PRRSV.

unicelulares, cultivo de microalgas (*Chlorella vulagaris, C. zofinginasis, Tetraselmis, Sceneaesmus, Chlorococcum, Parachlorella*, etcétera) deshidratadas, macro algas marinas que 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, 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 dos kilos adicionales al concluir la fase de desarrollo.

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, Igγ aviar; monoglicéridos y otros de cadena corta (menos palatables) que desestabilizan la membrana celular de bacterias, péptidos con propiedades antimicrobianas, acetilsalicílico; suero, leche pura 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.

Si se incluyen cereales 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 antimicrobianos (saponinas, fenoles, terpenos). Grano de linaza, legumbres cocidas. 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.

En la *figura 4* 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 1.156 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 2.420 gramos por día y ahora alcanza a comer 2.670 gramos por cabeza por día. ■

Nota: En el número de *Anaporc* de enero 2023, publicaremos la segunda parte de este artículo.

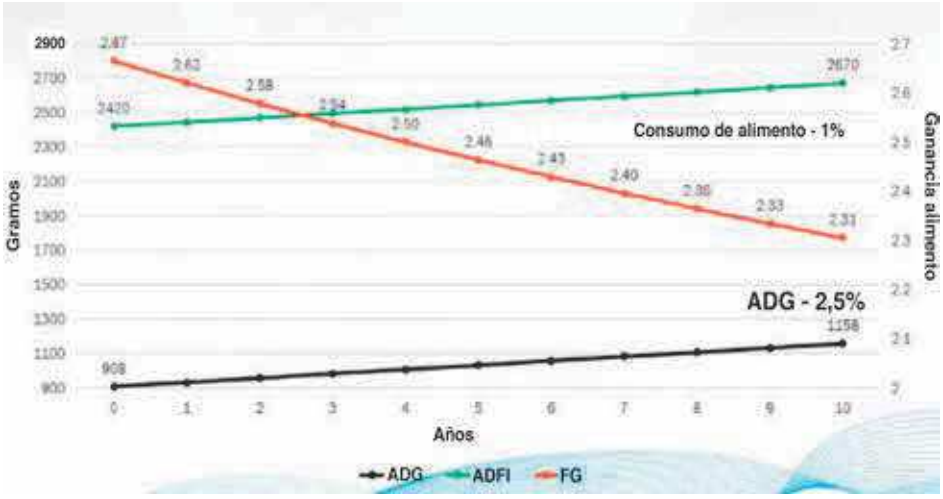

FIGURA 4 Parámetros productivos en el mejoramiento genético de cerdos.