

Un enfoque genético de la mortalidad prenatal en porcinos

Francisco Henao¹, DMVZ, MC, MSc; Aureliano Hernández V.², DMVZ, MSc, PhD.

¹Profesor titular Universidad de Caldas, *fhenao@cumanday.ucaldas.edu.co*

²Profesor titular Universidad Nacional de Colombia

(Recibido 1 septiembre, 99; aceptado 4 febrero, 2000)

Resumen

El cerdo aporta 40% de la carne producida en el mundo y 5.4% del Producto Interno Bruto Pecuuario Colombiano (PIBP) (casi US\$ 500.000.000). El tamaño de camada al nacimiento (TCN) afecta considerablemente el rendimiento de la empresa porcina, dado que su mejoramiento puede reducir más los costos de producción que el de tasa de crecimiento, edad a la pubertad o relación carne-grasa. El TCN tiene heredabilidad relativamente baja, es afectado drásticamente por la endocría y se mejora mediante exocría. La investigación en esta área ha indagado sobre ventajas comparativas evidenciadas por genotipos como el Meishan y se ha establecido que su superioridad en TCN está en buena parte determinada por una menor mortalidad prenatal. El ambiente uterino Meishan induce menor producción de 17 β -estradiol de origen trofoblástico, mayor vascularización y menor desarrollo placentarios, en tanto que el desarrollo del conceptus es afectado significativamente por la interacción entre su genotipo y el ambiente uterino.

Palabras clave: Cerdo, Mortalidad Prenatal, Meishan.

Importancia económica del cerdo

Panorama mundial.

El cerdo es la especie animal que más aporta al mercado mundial de la carne; de los 216 millones de toneladas de carne producidas en 1998, 86 millones (40%) fueron de cerdo (14), y de los 198 millones de toneladas de carne producidas en el mundo, en 1994, 39.6% fueron de carne de cerdo, 26.4% de res, 25.4% de aves, 5.2% de ovinos y caprinos y 3.4% de otras carnes (48). En la década comprendida entre 1984 y 1994 la producción mundial de carne de cerdo creció casi 21 millones de toneladas (36.3%); y la de Suramérica creció 14% (casi 300.000 toneladas) entre 1990 y 1995 (48). Otro dato indica que entre 1990 y 1998 creció la producción mundial en 16 millones de toneladas (22%) (14). En EE.UU., por ejemplo, la producción porcina ha aumentado 1.5% anual desde 1930

(52). Estas cifras indican claramente la importancia relativa del cerdo como productor de proteína animal y la dinámica del crecimiento de la industria porcina en el mundo.

La porcicultura en Colombia.

En 1997 el Producto Interno Bruto en Colombia fue de US\$ 95.963'000.000 (43) y de este el 9.2% (US\$ 8.828'596.000) correspondió al PIBP; a su vez, el aporte de la porcicultura al PIBP en el primer semestre de 1998 fue de 5.4% (US\$ 476'744.184), por debajo de la ganadería bovina y de la avicultura. La participación de la porcicultura en el PIBP colombiano ha pasado de 4% a 5.4% entre 1990 y 1997 (51). Colombia es el principal productor de carne de cerdo en la Comunidad Andina de Naciones, su participación es del 27%, frente a 21% de Perú y Venezuela, 19% de Ecuador y 16% de Bolivia (51). La producción de car-

ne de cerdo en Colombia entre 1977 y 1998 registró los mayores valores en 1988 y 1994 (casi 140.000 toneladas) y los menores en 1977 y 1982 (100000 t aprox.) y 1998 (90000 t) (51). En 1994 se estimó en Colombia una población porcina de 2.6 millones de cerdos y un incremento para 1999 de un 25% (66), que según los valores anteriores es difícil de cumplir dado que a partir del 94 se ha experimentado un franco descenso en las cifras, acentuado en el 98. Cuellar (17) indicó que solo de 25 a 30% de la población de cerdos se encuentra en manos de productores tecnificados.

En Colombia en 1997 el consumo per capita de carne de cerdo fue de 3 a 3.5 Kg, y el sacrificio de 1.6 millones de cerdos (84% de extracción) (6), cifras que nos ubican muy por debajo de los indicadores reportados por otros países latinoamericanos (51) y del resto del mundo, donde el consumo per capita asciende, como en Dinamarca a casi 65 Kg, con tasas de extracción que superan el 200% (52). La distribución de la producción de carne de cerdo en Colombia revela una concentración de la población en algunos departamentos como: Antioquia con 40.58% del sacrificio total, Valle del Cauca con 10.69%, Cundinamarca con 16.82%, Quindío con 3.76%, Caldas con 3.94%, Risaralda con 3.21% y Tolima con 2.78%, ubicándose Boyaca en último lugar con 1.73%.

Aspectos genéticos de la eficiencia reproductiva y de la mortalidad embrionaria (ME) en el cerdo

Importancia del tamaño de la camada al nacimiento.

En la definición de la eficiencia de la empresa porcina uno de los caracteres más importantes es la productividad de la cerda (64), determinada por una combinación de su eficiencia reproductiva y de su habilidad materna (26). En el porcino la eficiencia reproductiva se mide principalmente por el número de lechones vivos al nacimiento (3). El mejoramiento de este carácter puede reducir más los costos de producción que el mejoramiento de otros, como: la tasa de crecimiento, la edad a la pubertad o la relación carne:grasa (55). Desde el punto de vista biológico, el tamaño de la camada al nacimiento se relaciona estrechamente con: la tasa de ovulación, que se encarga de establecer su límite superior (75); la tasa de fecundación, regularmente elevada (95% ó más) en el cerdo (3, 55); la supervivencia embrionaria/fetal, que en el

cerdo, en promedio, no supera el 60% (55) y la capacidad uterina, o máximo número de fetos que el útero puede alojar exitosamente durante una gestación completa (18). A pesar de que se ha intentado su mejoramiento mediante selección para tasa de ovulación (36) y para capacidad uterina (18), durante los últimos 20 años no ha sido posible elevar significativamente el tamaño de la camada al nacimiento (19, 55).

Consideraciones genéticas.

El componente genético aditivo del tamaño de la camada al nacimiento es relativamente bajo ($h^2=0.13 - 0.17$) (9, 3) y por tanto el medio ambiente juega un papel preponderante en su comportamiento, sin embargo, son bien conocidos los resultados de los planes de mejoramiento basados en la selección, los cuales rigurosamente aplicados han permitido avances significativos; Lasley (44) documenta el caso de la raza Landrace en Dinamarca, que entre 1907 y 1951 experimentó, por esta vía, un incremento en el tamaño de la camada al nacimiento equivalente a un lechón.

La endocría deprime las características productivas del cerdo, y en particular afecta con mayor intensidad las reproductivas y las de crecimiento (9). Pomeroy (53) mostró que después de cinco generaciones de apareamientos por endocría, el tamaño de la camada al nacimiento se redujo en promedio de 9.9 a 6.7 lechones; y comprobó que la reducción se debió a fallas en fertilización y a mortalidad embrionaria temprana. En el cuadro 1 se resumen algunos de los resultados experimentales del efecto de la endogamia sobre el tamaño de la camada al nacimiento. La endogamia reduce la tasa de ovulación, la de fecundación, la sobrevivencia embrionaria a los 25 días (3) y retrasa varias semanas la pubertad en ambos sexos (65).

Los animales cruzados F1 y provenientes de otros cruzamientos tienen mejor comportamiento reproductivo que los puros (24, 55). Los machos cruzados tienen mejor líbido y mejor calidad de semen que los puros (68); las cerdas puras producen menos lechones al nacimiento que las cruzadas (37). En el cuadro 2 aparece un resumen de los datos reportados por Gaines y Hazel (24) que permite apreciar el valor de los apareamientos por exocría en el mejoramiento del tamaño de la camada al nacimiento. Lo anterior señala, de un lado, la importancia de la heterosis en el mejoramiento de este carácter, y la existencia de dos fuentes de la misma, a saber, directa y materna.

Cuadro 1. Efecto de la endogamia sobre el tamaño de la camada al nacimiento en el cerdo

Por cada 10% de endogamia en las crías	Por cada 10% de endogamia en la madre
-0.2 (20)	-0.17 (20)
-0.2 (12,13)	-0.0 (12,13)
-0.71 (63)	-1.9 (61)

Cuadro 2. Efecto de la exocria sobre el tamaño de la camada al nacimiento.

Cruzamiento	Tamaño de camada al nacimiento
Poland X Poland	8.5
Poland X Landrace	10.5
Landrace X Poland	7.5
Landrace X Landrace	9.4
Duroc X (Poland X Landrace)	9.7
Duroc X (Landrace X Poland)	9.8
Chester X (Poland X Landrace)	10.3
Chester X (Landrace X Poland)	10.2

Fuente: Gaines y Hazel (1957)

Cuadro 3. Comparación de la eficiencia reproductiva de cerdas de reemplazo de diferentes genotipos.

Genotipo materno*	Edad a la pubertad (días)	# de nacidos vivos	Tasa de ovulación
LW	227 ± 9	11.5 ± 0.4	17.6 ± 0.8
MS	81 ± 9	14.5 ± 0.3	17.2 ± 1.2
JX	91 ± 10	11.3 ± 0.3	
JH	109 ± 15	11.6 ± 0.6	
MS X LW	87 ± 11	15.2 ± 0.5	
JX XLM	93 ± 13	15.4 ± 0.9	
JH XLW	96 ± 14	11.6 ± 1.2	
MS X LW		16.4 ± 0.5	
LWh	229 ± 9		22.9 ± 1.0
¼D	231 ± 6	8.5 ± 0.5	11.6 ± 0.5
¼MS	213 ± 5	9.8 ± 0.5	13.2 ± 0.3
¼F	200 ± 6	9.9 ± 0.5	13.1 ± 0.3
¼MZ	216 ± 6	9.5 ± 0.5	12.0 ± 0.4

Fuentes: Bazer et al. (1988); Young (1998)

* : LW= Large White; MS= Meishan; JX= Jiaying; JH= Jinhua; LWh= Large White hiperprolífica; ¼D= Duroc, ¾ de una mezcla equilibrada de razas blancas (Chester White, Landrace, Large White y Yorkshire); ¼MS= ¼ Meishan, ¾ razas blancas; ¼F = ¼ Fengjing, ¾ razas blancas; ¼MZ= ¼ Minzhu, ¾ razas blancas.

Cuadro 4. Comparación del comportamiento reproductivo de cerdas de reemplazo de las Meishan y Yorkshire en gestación temprana.

Variable	Meishan	Yorkshire
1*	89.4	92.7
2*	1.5 ± 0.9	1.9 ± 0.3
3*	3.4 ± 0.4	3.3 ± 0.4
4*	16.5 ± 0.5	16.3 ± 0.4
5*	12.5 ± 0.5	12.3 ± 0.5
6**	12.3 ± 0.4	8.9 ± 0.4

Fuente: Ford (1997)

* : Variable en las que no se hallaron diferencias significativas entre razas.

** : Variables en las que no se encontraron diferencias significativas entre razas.

1. Porcentaje de cerdas con todos los folículos ovulados a las 48-54 horas después de iniciado el estro.
2. Promedio de células en los conceptus menos desarrollados entre 48-54 horas después de iniciado el estro.
3. Promedio de células en los conceptus más desarrollados entre 48-54 horas después de iniciado el estro.
4. Tasa de ovulación al día 11-12 de gestación.
5. Número de conceptus colectados a los 11-12 días de gestación.
6. Tamaño de la camada al nacimiento.

Diferencias entre razas. Las razas porcinas chinas Meishan, Fengjing, Minzhu, Jiaying Black y Jinhua se caracterizan por tener un comportamiento reproductivo sobresaliente (véase cuadro 3) (47, 8, 72). La raza Meishan, en particular, se distingue por su alta prolificidad, atribuible a una mayor sobrevivencia prenatal (embrionaria/fetal) para una tasa de ovulación dada (31) y una tasa mínima de fecundación de 90%, a los 11 días de gestación (1). Debido a los resultados negativos obtenidos de los intentos para mejorar el tamaño de la camada al nacimiento en las razas consideradas mejoradas en Europa y los EE. UU., diversos grupos de investigación en esta campo han intentado explicar el origen de las bondades de la raza Meishan, con el propósito de aprovecharlos en planes de mejoramiento porcino. Los estudios se han orientado de manera comparativa y, en general, han empleado cerdas Yorkshire o Large White como punto de referencia. Las investigaciones han mostrado que las cerdas Meishan de primer parto producen en promedio 3-5 lechones más al nacimiento que las Yorkshire de igual estado fisiológico (73, 31, 21).

Diferencias en los primeros 12 días de gestación. La raza Meishan tiene valores similares a la Yorkshire

en: tamaño uterino (45), intervalo entre la iniciación del estro y la ovulación, estado de desarrollo del conceptus al día 2 de la gestación y tasa de ovulación y número de conceptus viables a los 12 días de gestación (21) (Cuadro 4). Ford (21) encontró, además, que la elongación del conceptus se inicia en ambas razas a los 11-12 días postcoito, como sucede en otras razas europeas y norteamericanas (74).

Los conceptus Meishan son más pequeños que los de razas europeas (5) y norteamericanas (21); debido a que poseen menor número de células trofoblásticas que los Yorkshire, entre 5-6 días (44.1 ± 2.71 versus 52.55 ± 3.68) (62), y a los 11-12 días de gestación (74), por una menor actividad mitótica en Meishan (69); la cual fue probada por Wilson y Ford (69) mediante técnicas de inmunocitoquímica que les permitieron evidenciar que los embriones de 2, 4, 6 y 8 mm de diámetro de raza Meishan poseen menor número de núcleos positivos (19.5 ± 2.5) para el antígeno nuclear de proliferación celular (PCNA), que los de raza Yorkshire (25.4 ± 0.8). En el mismo trabajo (69) encontraron, además, que la baja actividad mitótica de los embriones Meishan estaba asociada con menor producción y menor secreción tanto de 17 β -estradiol como del

citocromo P450 17 α -hidroxilasa/17-20 liasa, que es la enzima vinculada más estrechamente con la producción de esta hormona en el conceptus (15), y que ha sido exclusivamente localizada en las células trofoblásticas (16).

Mediante transferencia recíproca de embriones Meishan y Yorkshire a madres de estos dos genotipos, se probó que tanto el genotipo del conceptus como el ambiente uterino afectan el desarrollo del conceptus en el periodo de la preimplantación, mientras que solo el ambiente uterino afecta la secreción de estradiol por parte del conceptus (74). En este trabajo se encontró que independiente del genotipo de la receptora, los conceptus Meishan fueron, siempre, de menor tamaño que los Yorkshire del mismo estado de desarrollo, a los 12 días de gestación; los conceptus de ambas razas fueron más pequeños, tuvieron menor número de células y produjeron menos estradiol a los 12 días, cuando fueron recuperados de receptoras Meishan.

Diferencias a los 20-22 días de gestación. En un estudio realizado con cerdas de 22-24 meses de edad en la tercera gestación, las de raza Meishan superaron a las Large White en número de cuerpos lúteos (27.8 ± 1.09 versus 20.7 ± 0.91) y de embriones viables (23.4 ± 1.08 versus 15.2 ± 0.90) a los 20-22 días de gestación, en tanto que las hembras F_1 obtenidas por cruce directa y recíproca entre ambas razas presentaron un comportamiento intermedio (25). Las diferencias en viabilidad embrionaria registradas a los 20-22 días de gestación en favor de Meishan (84% versus 74%) (25) son equivalentes a las encontradas al nacimiento, y por tanto, como infieren Ashworth et al. (4), la ventaja comparativa debe originarse en el período comprendido entre los 11 y los 20 días de la gestación, que es una etapa fundamental para el establecimiento de la preñez en el porcino (21), dado que allí ocurren fenómenos tan importantes como: la expansión del conceptus a esfera de 8-10 mm y posterior elongación a filamento de más de 100 mm (27); la distribución uniforme de los conceptus en el útero; la adhesión del conceptus a la pared uterina mediante la interdigitación de las microvellosidades trofoblásticas y endometriales; el inicio de la síntesis y liberación de estradiol por el conceptus (59); el reconocimiento materno de la preñez y los ajustes fisiológicos de la madre que garantizan el mantenimiento de la misma.

Diferencias en la segunda mitad de la gestación. A lo 90 días de gestación Ford (21) obtuvo mayor número

de fetos de las cerdas receptoras Meishan que de las Yorkshire (14.8 ± 0.4 versus 10.0 ± 1.9) y menor peso de la placenta en las Meishan; también logró probar que el peso del feto fue afectado tanto por su genotipo como por el de la hembra receptora, similar a como ocurre en el período de preimplantación (74). De otro lado, los fetos de ambos genotipos gestados en hembras Meishan registraron pesos similares (381 ± 23 g) pero muy inferiores a los encontrados en los fetos gestados en hembras Yorkshire; entre estos últimos se evidenciaron diferencias significativas en favor de los fetos Yorkshire (613 ± 16 g versus 498 ± 20 g) (62). Con base en estos últimos resultados, los investigadores sugirieron que el ambiente uterino Meishan restringe el crecimiento de la placenta en los conceptus de ambas razas y por esta razón induce la presencia de fetos de menor tamaño a los 90 días.

Para estudiar en detalle las diferencias en crecimiento fetal detectadas entre los conceptus de los dos genotipos gestados en receptoras Yorkshire se realizó un experimento en el cual se transfirieron conceptus de dos días, de las razas Meishan y Yorkshire a receptoras exclusivamente Yorkshire, y se probó que al momento del parto existe una marcada diferencia entre los sacos alantocoriónicos de ambos genotipos: mientras los de fetos Yorkshire fueron más grandes y menos vascularizados, los de los fetos Meishan fueron de menor tamaño y más vascularizados; la relación peso fetal:peso placentario en gramos, tomada como una medida de la eficiencia de la placenta, en cada conceptus, fue mayor en Meishan (8.7 ± 0.4) que en Yorkshire (3.4 ± 0.8) debido especialmente al peso del saco alantocoriónico (21).

En otro estudio de este mismo grupo (10) se sacrificaron cerdas Meishan y Yorkshire portadoras de fetos de ambas razas, a los 70, 90 y 110 días de gestación y se encontró que ni el sitio ocupado por el feto dentro del útero, ni el número de fetos por cuerno afectaron el desarrollo de la placenta y del feto; los conceptus ocuparon menos espacio uterino y el área de implantación fue menor en los úteros Meishan, a lo cual se atribuyó el menor crecimiento de los fetos de ambos genotipos en el útero de cerdas de la raza Meishan. En la Figura 8 se puede apreciar que el patrón de crecimiento de la placenta resultó diferente en cada genotipo: el área superficial de la placenta de Yorkshire permaneció relativamente constante entre 70 y 90 días pero aumentó intensamente y redujo su densidad vascular (porcentaje de placenta ocupada por vasos sanguíneos) entre 90

y 110 días; por su parte la placenta Meishan solo creció moderadamente entre 70 y 110 días y aumento considerablemente su densidad vascular entre 90-110. A los 110 días la relación peso fetal:peso placentario fue mayor en conceptus Meishan que en los Yorkshire, debido esencialmente al peso del alantocorion.

Mortalidad embrionaria.

Generalmente se agrupan bajo la denominación de mortalidad embrionaria (ME) todas las pérdidas ocurridas desde cuando el embrión posee una sola célula hasta la etapa fetal (55). La ME en porcinos se estima en 40% (3). Se acepta que 20-30% de los embriones mueren durante los primeros 30 días de gestación y que 10-20% mueren entre los 40 y los 100 días de la gestación (55). El mayor número de pérdidas embrionarias (75%) ocurre en la peri-implantación, o sea, entre el día 12 y el día 18 de la gestación del porcino (21). Los factores causantes de ME pueden ser genéticos, ambientales, nutricionales, tóxicos, infecciosos, hormonales o inmunológicos (34). Cualquier alteración en el DNA materno o embrionario/fetal relacionada con las diferentes moléculas que intervienen, directa o indirectamente, en el desarrollo embrionario/fetal y placentario, se debe clasificar dentro de las causas genéticas de ME. Un ejemplo de esto en el cerdo lo constituyen las muertes embrionarias originadas en traslocaciones recíprocas (29, 41, 42, 38, 58, 30, 32, 33).

ME en peri-implantación. El 75% de la ME total ocurre en peri-implantación (22); Pope (55) la relaciona con la asincronía uterina debida a la diversidad morfológica y fisiológica de los conceptus en los días 11-12 (2, 54), momento en el que se inicia la producción y liberación de 17 β -estradiol (59) por las células del trofoectodermo (16). Los conceptus de mayor tamaño inician la síntesis de estradiol más pronto que los demás (23, 27, 54) y aceleran cambios en las secreciones uterinas, consistentes, especialmente, en aumento de la concentración de fosfatasa ácida, del Ca, de las proteínas totales y de algunas proteínas particulares (27, 49), que matan los embriones menos desarrollados (67, 11) que ocupen lugares dentro del útero próximos a la ubicación de los más desarrollados. Pope et al. (1986) demostraron por primera vez que la administración de 17 β -estradiol a los 9-10 días de gestación produce mortalidad embrionaria total antes de los 30 días de la misma; y posteriormente (50, 28) se comprobó que los embriones se degeneraban desde los 16 días, cuando la cerda recibía tratamiento con valerato de estradiol a los 9-10 días. Las diferencias

en el desarrollo de los conceptus al día 11-12 pueden originarse desde la ovulación (56, 70), debido a que esta ocurre por lo menos en dos momentos: la mayoría de los oocitos son liberados durante un corto período al inicio de la ovulación, y los restantes durante las siguientes 2-6 horas (56). Los ovocitos liberados tempranamente dan origen a los conceptus más grandes detectados a los 4 y 12 días de la gestación, en tanto que de los resultantes de la ovulación tardía se generan los embriones más pequeños (70). La destrucción de los ovocitos de liberación tardía evita la presencia de embriones menos desarrollados a los 11 días de gestación (56). El genotipo del conceptus también puede relacionarse con el origen de estas diferencias, puesto que desde el segundo día de la gestación (embrión de cuatro células) empieza el genoma del conceptus a controlar el desarrollo embrionario (35), y 3-4 días después (5-6 días de gestación) ya hay diferencias entre razas en cuanto al número de células trofoblásticas (62) que persisten al inicio de la elongación del conceptus (11-12 días) y que se asocian con niveles diferenciales de enzimas esteroidogénicas, de estrógenos y de factor de crecimiento similar a insulina I (IGF-I) (69). El IGF-I aumenta la tasa de mitosis en el trofoectodermo del cerdo (57, 46) y ha sido asociado con la iniciación de la esteroidogénesis (40). A los 10-12 días se han detectado también aumentos significativos en la expresión del gene del marcador mesodérmico denominado brachyury (71) que permite relacionar los eventos antes referidos con el inicio de la formación del mesodermo y por esta vía con la vascularización del conceptus. Es importante consignar el comentario de Xie et al.,(70) en torno a que las cerdas Meishan tienen un intervalo de ovulación de solo 2 horas, asociado con menor disparidad en el desarrollo embrionario (7).

ME en la segunda mitad de la gestación. Se sabe que en esta etapa el feto mamífero crece exponencialmente (60) y que en el cerdo la placenta tiene un tamaño inferior al requerido de acuerdo con el tamaño fetal (39). Al final de la gestación es evidente una insuficiencia placentaria en el porcino debido a que su placenta es de tipo difusa y la captación de nutrientes por el conceptus de esta especie, depende en alto grado del tamaño de la placenta y de la vascularización del área de contacto entre el conceptus y la pared del útero (21). En la raza Meishan los fetos y las placentas son de menor tamaño y a partir de los 90 días se incrementan la síntesis y la secreción de factores angiogénicos que conducen a mayor vascularización y por tanto a mayor eficiencia de la placenta Meishan

en la gestación tardía (10). Según lo observado por Ford (21), las ventajas comparativas en el patrón de crecimiento y vascularización placentarios dependen tanto del genotipo del conceptus como de la cerda.

Comentarios y Preguntas

Las diferencias en ME detectadas entre razas porcinas y entre animales puros y cruzados; las relaciones planteadas entre la ME, en esta especie, con los procesos de vascularización y angiogénesis en el conceptus y en el útero materno; la importancia del intercambio de gases (O_2 y CO_2) en la fisiología placentaria y en la supervivencia embrionaria; la importancia del cerdo en el contexto mundial y nacional; y el desconocimiento del valor del germoplasma criollo en este campo, justifican invertir en proyectos de investigación orientados a tratar de responder interrogantes como los siguientes:

1. ¿Qué cambios puede haber ocasionado la gran diversidad de condiciones agrometeorológicas de nuestro país en las razas porcinas foráneas en lo relacionado con vascularización y angiogénesis del conceptus y del útero materno, tomados como

indicadores de eficiencia placentaria y de supervivencia embrionaria?

2. ¿Qué características de eficiencia reproductiva presentan nuestras razas porcinas criollas comparativamente con las foráneas?
3. ¿Será posible marcar, mediante la identificación de ciertas moléculas existentes en el suero sanguíneo de la cerda, animales con comportamientos reproductivos diferenciales aprovechables en procesos de mejoramiento genético?
4. ¿Cuáles factores angiogénicos serán los determinantes de las diferencias en vascularización placentaria entre los 90 y los 110 días de gestación que parecen sustentar la ventaja comparativa de las razas chinas de porcinos?
5. ¿Existirá una verdadera relación entre la expresión del gene del marcador mesodérmico brachyury y la mortalidad embrionaria en peri-implantación?
6. ¿Qué características tendrán nuestras razas porcinas criollas en relación con las tres preguntas anteriores?

Summary

A genetic approach to swine prenatal mortality

Pigs generate 40% of meat produced worldwide and represent 5.4% of the Colombian GNP (almost US\$ 500.000.000). Litter size at birth (LSB) substantially influences profitability in the swine industry because its improvement reduces production costs more than the improvement of growth rate, age at puberty and lean-fat ratio. The LSB has a relatively low heritability but is affected drastically by inbreeding and is improved through crossbreeding. Research in this field has investigated the comparative advantages shown by breeds such as the Meishan. It has been established that Meishan superiority in LSB is due to a large extent to a lower prenatal mortality. The Meishan uterine environment induces lower 17 β -estradiol production from the trophoblast and the production of a smaller, highly vascularized placenta while the conceptus development is highly influenced by the genotype-uterine environment interaction.

Key words: Pigs, Prenatal Mortality, Meishan.

Referencias

1. Anderson, L. H.; L. K. Christenson; R. K. Christenson; S. P. Ford. Investigations into the control of litter size in swine. II. Comparisons of morphological and functional embryonic diversity between Chinese and American breeds. *J Anim Sci* 1993; 71:1566-1571.
2. Anderson, L. L. Growth, protein content and distribution of early pig embryos. *Anat Rec* 1978; 190:143-154.
3. Anderson, L. L. Cielos reproductivos: Cerdos. En: *Reproducción e Inseminación en Animales* Ed. Hafez E. S. E. Sexta ed. Interamericana McGraw.-Hill. México. 1996; 323-338.

4. Ashworth, C. J.; A. R. Pickard; S. J. Miller; A. P. F. Flint; J. R. Diehl. Comparative studies of conceptus-endometrial interactions in Large White X Landrace and Meishan gilts. *Reprod Fertil Dev* 1997; 9:217-225.
5. Ashworth, C. J.; C. S. Haley; R. P. Aitken; I. Wilmut. Embryo survival and conceptus growth after reciprocal embryo transfer between chinese Meishan and Landrace x Large White gilts. *J Reprod Fertil* 1990; 90:595-603.
6. Asociación Colombiana de Porcicultores. Caracterización de la porcicultura. En: Documento guía para la acción y presupuesto. 1997; Separata # 1.
7. Bazer F. W.; W.W. Thatcher; F. Martinat-Botte; M. Terqui. Conceptus development in large White and prolific chinese Meishan pigs. *J Reprod Fertil* 1988a; 84:37-42.
8. Bazer F. W.; W.W. Thatcher; F. Martinat-Botte; M. Terqui. Sexual maturation and morphological development of the reproductive tract in Large White and prolific Chinese Meishan pigs. *J Reprod Fertil* 1988b; 83:723-728.
9. Berruecos, J. M. Mejoramiento Genético del Cerdo. Ed. Arana, Mex. 1972. 243p.
10. Biensen, N. J.; M. E. Wilson; S. P. Ford. The impact of either a meishan or Yorkshire uterus on Meishan or Yorkshire fetal and placental development to days 70, 90 and 110 of gestation. *J Anim Sci* 1998; 76:2169-2176.
11. Blair, R. M.; R. D. Geisert; M. T. Zavy; T. Yellin; R. W. Fulton; E. C. Short. Endometrial surface and secretory alterations associated with embryonic mortality in gilts administered estradiol valerate on days 9 and 10 of gestation. *Biol Reprod* 1991; 44:1063-1079.
12. Bradford, G. E.; A. B. Chapman; R. H. Grumer. Effects of inbreeding, selection, linecrossing and topcrossing in swine. I. Inbreeding and selection. *J Anim Sci* 1958 a; 17: 426-440.
13. Bradford, G. E.; A. B. Chapman; R. H. Grumer. Effects of inbreeding, selection, linecrossing and topcrossing in swine. II. Linecrossing and topcrossing. *J Anim Sci* 1958 b; 17: 441-455.
14. Buxadé, C.C. Perspectivas del mercado mundial del sector porcino-Primera parte. *Porcicultura Colombiana* 1998; 57: 22-30.
15. Conley, A. J.; R. K. Christenson; S. P. Ford; R. D. Geisert; J. I. Mason. Steroidogenic enzyme expression in porcine conceptuses during and after elongation. *Endocrinol* 1992; 131:896-902.
16. Conley, A. J.; L. K. Christenson; S. P. Ford; R. K. Christenson. Immunocytochemical localization of cytochromes P450 17 α -hydroxylase and aromatase in embryonic cell layers of elongating porcine blastocysts. *Endocrinol* 1994; 135: 2248-2254.
17. Cuellar, J. La porcicultura en Colombia. En: Memorias del curso sobre producción porcina. Bogotá. 1993; pp: 63-75.
18. Christenson, R. K.; K. A. Leymaster; L. D. Young. Justification of unilateral hysterectomy-ovariectomy as a model to evaluate uterine capacity in swine. *J Anim Sci* 1987; 65:738-744.
19. Deckert, A.; Dewey, C. The influence of ovulation rate, early embryonic death, and uterine capacity on litter size in swine. *Food animal* 1994; 1237-1244.
20. Dickerson, G. E.; C. T. Blunn; A. B. Chapman; R. M. Kotteman; J. L. Krider; E. J. Warwick; J. A. Whatley; M. L. Baker; J. L. Lush; L. M. Winters. Evaluation of selection in developing inbred lines of swines. *Res Bull Mo Agr Exp Sta* 1954. 551p.
21. Ford, S. P. Embryonic and fetal development in different genotypes in pigs. *J Reprod Fertil* 1997; Supplement 52:165-176.
22. Ford, S. P.; C. R. Youngs. Early embryonic development in prolific Meishan pigs. *J Reprod Fertil* 1993; Supplement 48:271-278.
23. Ford, S. P.; R. K. Christenson; J. J. Ford. Uterine blood flow and uterine arterial venous and luminal concentrations of estrogens on days 11, 13 and 15 after oestrus in pregnant and non-pregnant sows. *J Reprod Fertil* 1982; 64:185-190.
24. Gaines, J. A.; L. N. Hazel. Differences in litter size and growth rate among purebred and crossbred swine. *J Anim Sci* 1957; 16:1066-1067.
25. Galvin, J. M.; I. Wilmut; B. N. Day; M. Ritchie; M. Thomson; C. S. Haley. Reproductive performance in relation to uterine and embryonic traits during early gestation in meishan, Large white and crosses sows. *J Reprod Fertil* 1993; 98:377-384.
26. García, C. F.; F. J. Henao. Caracteres de importancia económica y su evaluación en porcicultura. *Rev Vet Y Zoot de Caldas* 1986; 5:54-62.
27. Geisert, R. D.; W.W. Thatcher; R. M. Roberts; F. W. Bazer. Establishment of pregnancy in the pig III. Endometrial secretory response to estradiol valerate administered on day 11 of the estrous cycle. *Biol Reprod* 1982; 27:957-965.
28. Greis, L. K.; R. D. Geisert; M. T. Zavy; J. E. Garret; G. L. Morgan. Uterine secretory alternations coincident with embryonic mortality in the gilt after exogenous estrogen administration. *J Anim Sci* 1989; 67:276-284.
29. Gustavsson, I. Chromosomes of the pig. En: Domestic Animal Cytogenetics. Advances in veterinary Science and Comparative Medicine, vol. 34. Ed. R. A. McFeely. Academic Press 1990. 73-107.
30. Gustavsson, I.; L. Jönsson. Stillborns partially monosomic and partially trisomic in offspring of a boar carrying a translocation: rcp(14:15)(q29: q24). *Hereditas* 1992; 117:31-37.
31. Haley, C. S.; G. J. Lee. Genetic basis of prolificacy in Meishan pigs. *J Reprod Fertil* 1993; Supplement 48: 247-259.
32. Henao, F.; G. Gómez; H. Mesa. Translocación recíproca rcp(9p+;14q-) en un cerdo Duroc x Pietrain con bajo tamaño de camada al nacimiento. *Revista del CEISA* 1997; 4(1):51-63.
33. Henao, F.; H. Mesa. Comportamiento meiótico de los cromosomas de cerdos portadores de translocaciones recíprocas autosómicas y su efecto sobre la fertilidad. Aplicación a una rcp(9p+;14q-). *Revista Universidad de Caldas* 1997; 17(1-2-3):5-21.

34. Hernández, V. A.; F. Escobar. Mortalidad embrionaria en bovinos. Conferencia presentada al I Congreso Nal de C. Veterinarias. U. del Tolima, Ibagué, Colombia. 1998.
35. Jarrell, V. L.; B. N. Day; R. S. Prather. The transition from maternal to zygotic control of development occurs during the 4-cell stage in the domestic pig, *Sus scrofa*: Quantitative and qualitative aspects of protein synthesis. *Biol Reprod* 1991; 44:62-68.
36. Johnson, R. K.; D. R. Zimmerman; W. R. Lamberson; S. Sasaki. Influencing prolificacy of sows by selection for physiological factors. *J Reprod Fertil* 1985; Supplement 33:139-149.
37. Johnson, R. K.; I. T. Omtvedt; L. E. Walters. Comparison of productivity and performance for two-breed and three-breed crosses in swine. *J Anim Sci* 1978; 46:69-82.
38. King, W. A.; I. Gustavsson; C. P. Popescu; T. Linares. Gametic products transmitted by $rec(13q;14q+)$ translocation heterozygous pigs, and resulting embryonic loss. *Hereditas* 1981; 95: 239-246.
39. Knight, J. W.; F. W. Bazer; W. W. Tatcher; D. E. Franke; H. D. Wallace. Conceptus development in intact and unilaterally hysterectomized ovariectomized gilts: interrelations among hormonal states, placental development, fetal fluids and fetal growth. *J Anim Sci* 1977; 44:620-637.
40. Ko, Y.; I. Choi; M. L. Green; F. A. Simmen; R. C. M. Simmen. Transient expression of the cytochrome p450 aromatase gene in elongating porcine blastocysts correlated with uterine insulin-like growth factor levels during peri-implantation development. *Mol Reprod Dev* 1994; 37:1-11.
41. Kuokkanen, M. T.; A. Mäkinen. A reciprocal translocation ($7q;12q+$) in the domestic pig. *Hereditas* 1987; 106:147-149.
42. Kuokkanen, M. T.; A. Mäkinen. Reciprocal chromosome translocations ($1p;11q+$) and ($1p+;15q-$), in domestic pigs with reduced litter size. *Hereditas* 1988; 109:69-73.
43. La Nota Económica S. A.. Indicadores Macroeconómicos. La Nota 1999; 30:50.
44. Lasley, J. F. Genética del mejoramiento del ganado. UTEHA, Mex. 1970; pp:234-275.
45. Lee, G. J.; M. Ritchie; M. Thomson; A. A. Macdonald; A. Blasco; M. A. Santacreu; M. J. Argente; C. S. Haley. Uterine capacity and prenatal survival in Meishan and Large Withe pigs. *Anim Sci* 1995; 60: 471-479.
46. Lewis, A. M.; P. L. Kaye; R. Lising; R. D. A. Cameron. Stimulation of protein synthesis and expansion of pig blastocysts by insulin *in vitro*. *Reprod Fertil Dev* 1992; 4:119-123.
47. Li, M. D.; F. D. Enfield. A characterization of chinese breeds of swine using cluster analysis. *J Anim Breed Genet* 1989; 106:379.
48. López, P. A. C. Producción cárnica factor decisivo en la economía a nivel mundial. *Porcicultura Colombiana* 1997; 49: 24-27.
49. Morgan, G. L.; R. D. Geisert; M. T. Zaby; A. T. Fazleabas. Development and survival of pig blastocysts after estrogen administration on day 9 or days 9 and 10 of pregnancy. *J Reprod Fertil* 1987b; 80:133-141.
50. Morgan, G. L.; R. D. Geisert; M. T. Zaby; R. V. Shawley; A. T. Fazleabas. Development of pig blastocysts in a uterine environment advanced by exogenous estrogen. *J Reprod Fertil* 1987a 80:133-141.
51. Pinilla, R. F. El sector porcino en Colombia 1998. *Porcicultura Colombiana* 1999; 59:12-15.
52. Plain, R. L. Tendencias mundiales de la industria porcina. En: *Memorias Seminario Actualización en Porcicultura*. ACP, US Grain Council. Medellín, Colombia 1998. 73-78.
53. Pomeroy, R. W. Prenatal mortality in an inbred strain of Large White pigs. *Anim Breed Abstr* 1952; 20:1762.
54. Pope, W. F. Uterine asynchrony: a cause of embryonic loss. *Biol Reprod* 1988; 39:999-1003.
55. Pope, W. F. Embryonic mortality in swine. En: *Embryonic Mortality in Domestic Animals*, Eds Zavy M. T. y R. D. Geisert. CRC Press Inc, Boca Raton 1994. 53-77.
56. Pope, W. F.; M. H. Wilde; S. Xie. Effect of electrocautery of nonovulated day 1 follicles on subsequent morphology variation among day 11 porcine blastocysts. *Biol Reprod* 1988; 39: 882-887.
57. Pope, W. F.; S. Xie; D. M. Broermann; K. P. Nephew. Causes and consequences of early embryonic diversity. *J Reprod Fertil* 1990; Supplement 40:250-260.
58. Popescu, C. P.; J. Boscher. Cytogenetics of preimplantation embryos produced by pigs heterozygous for the reciprocal translocation ($4q+;14q$). *Cytogenet Cell Genet* 1982; 34:119-123.
59. Pusateri, A. E.; M. F. Rothschild; C. M. Warner; S. P. Ford. Changes in morphology, cell number, cell size and cellular estrogen content of individual littermate pig conceptuses on days 9 to 13 of gestation. *J Anim Sci* 1990; 68: 3727-3735.
60. Reynolds, L. P.; D. A. Redmer. Utero-placental vascular development and placental function. *J Anim Sci* 1995; 73:1839-1851.
61. Rigor, E. M. The effect of inbreeding on litter size in Berkshire pigs. *Phillip Agric* 1963; 47:45-50.
62. Rivera, R. M.; C. R. Youngs; S. P. Ford. A comparison of the number of inner cell mass and trophoblast cells of preimplantation Meishan and Yorkshire pig embryos at similar developmental stages. *J Reprod Fertil* 1996; 106:111-116.
63. Rognoni, G; E. Brambilla. The effect of degree of inbreeding on post-natal mortality rate in pigs. *Anim Breed Abstr* 1958; 26:2050.
64. Tess, M. W.; G. L. Bennett; G. E. Dickerson. Simulation the genetic changes in life cycle efficiency of pork production. II. Effects of components on efficiency. *J Anim Sci* 1983; 56:354-368.
65. Warnick, A. C.; E. L. Wiggins; L. E. Casida; R. H. Grummer; A. B. Chapman. Variation in puberty phenomena in inbred gilts. *J Anim Sci* 1951; 10:479-493.
66. Watt Publishing Co. Que pasa?. *Revista Industria Porcina* 1994; En-Feb: 32.
67. Wilde, M. F.; S. Xie; M. L. Day; W. F. Pope. Survival of small and large littermate blastocysts after synchronous

- and asynchronous transfer procedures in swine. *Theriogenology* 1988; 30:1069-1074.
68. Wilson, E. R.; R. K. Johnson; R. P. Wettemann. Reproductive and testicular characterization of purebred and crossbred boars. *J Anim Sci* 1977; 44:939-947.
69. Wilson, M. E.; S. P. Ford. Differences in trophectoderm mitotic rate and p450 17 α -hydroxylase expression between late preimplantation Meishan and Yorkshire conceptuses. *Biol Reprod* 1997; 56:380-385.
70. Xie, S.; D. M. Broermann; K. P. Nephew; R. D. Geisert; W.F. Pope. Ovulation and early embryogenesis in swine. *Biol Reprod* 1990; 34:236-240.
71. Yelich J. V.; D. Pomp; R. D. Geisert. Ontogeny of elongation and gene expression in the early developing porcine conceptus. *Biol Reprod* 1997; 57:1256-1265.
72. Young, L. D. Reproduction of $\frac{3}{4}$ White composite and $\frac{1}{4}$ Duroc, $\frac{1}{4}$ Meishan, $\frac{1}{4}$ Fengjing, or $\frac{1}{4}$ Minzhu gilts and sows. *J Anim Sci* 1998; 76:1559-1567.
73. Youngs, C. R.; S. P. Ford; L. K. McGinnis; L. H. Anderson. Investigations into the control of litter size in swine: I. Comparative studies on in vitro development of meishan and Yorkshire preimplantation conceptuses. *J Anim Sci* 1993; 71:1561-1565.
74. Youngs, C. R.; L. K. Christenson; S. P. Ford. Investigations into the control of litter size in swine: III. A reciprocal embryo transfer study of early conceptus development. *J Anim Sci* 1994; 72:725-731.
75. Zimmerman, D. R.; P.J. Cunningham. Selection for ovulation rate in swine: Population, procedures and ovulation response. *J Anim Sci* 1975; 40:61-69