

EFFECTO DEL CLIMA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS SEMINALES DE PORCINOS EN UNA ZONA DE BOSQUE HÚMEDO TROPICAL

Guillermo Henao Restrepo¹; Luis Emilio Trujillo Aramburo²; María Elizabet Buriticá Henao³; Carlos Ignacio Sierra Pérez⁴;
Guillermo Correa Londoño⁵ y Óscar Domingo González Boto⁶

RESUMEN

En una zona de bosque húmedo tropical se seleccionaron diez reproductores porcinos con edades entre 12 y 24 meses, con el fin evaluar el efecto de las variables climáticas presentes el día de la recolección de semen y en cada uno de los 45 días anteriores a ella, sobre las características seminales. Se descompuso la variabilidad de cada característica en una componente intraindividual y en otra interindividual, usando estimadores de máxima verosimilitud (PROC VARCOMP de SAS®). Para relacionar las características seminales con las variables climáticas se agruparon las anormalidades morfológicas, según la región espermática afectada, en anormalidades de cabeza, de pieza intermedia y de pieza principal; las demás características fueron relacionadas sin ninguna modificación o agrupamiento. Se evaluaron posibles correlaciones entre las características seminales y las variables climáticas. En un total de 298 eyaculados recolectados semanalmente durante un período de 30 semanas, con excepción del volumen y de anormalidades morfológicas, las características seminales presentaron baja o moderada variación intra e interindividual y fueron semejantes a las que se producen en otras latitudes, con tendencia a presentar mayor volumen seminal y mayor concentración de espermatozoides. La temperatura máxima, la temperatura mínima, el rango entre las temperaturas, la humedad relativa y la precipitación que se presentaron el día de la recolección de semen y en cada uno de los 45 días anteriores a ella, tuvieron muy bajo efecto sobre las características seminales. Es posible que los reproductores porcinos en zona tropical cálida húmeda desarrollen un alto grado de adaptación que permite una adecuada termorregulación testicular que favorece la función espermatogénica en los túbulos seminíferos, de manera que no se afecta sensiblemente la producción y la calidad del semen.

Palabras claves: Cerdos, clima, reproducción, semen porcino.

¹ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <ghenao@unalmed.edu.co>

² Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <letrujil@unalmed.edu.co>

³ Porcícola del Norte S.A. Polonuevo, Atlántico, Colombia. <elizabetburitica@hotmail.com>

⁴ Asistente Técnico Particular. Tel: 3104479480.

⁵ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <gcorrea@unalmed.edu.co>

⁶ Porcícola del Norte S.A. Polonuevo, Atlántico, Colombia. <porcin@latino.net.co>

ABSTRACT

EFFECT OF CLIMATE ON THE SEMINAL CHARACTERISTICS OF BOARS IN A REGION OF HUMID TROPICAL FOREST

In an region of humid tropical forest, ten boars of from 12 to 24 months of age were selected to evaluate the effect of climatic variables measured on the day of semen collection and for each of preceding 45 days, on seminal characteristics. The variability of each characteristic was separated into a intraindividual component and an interindividual component, using maximum likelihood estimators (PROC VARCOMP of SAS®). In order to relate the seminal characteristics with the climatic variables, morphological abnormalities were grouped according to the affected spermatogenic region, into head, midsection and mainsection abnormalities; the other characteristics were evaluated without any modification. Possible correlations between seminal characteristics and climatic variables were evaluated. In a total of 298 ejaculates collected weekly during a period of 30 weeks, except for total volume and morphological abnormalities, the seminal characteristics presented low or moderate intra and interindividual variation and were similar to those found in other latitudes, with a tendency to present greater seminal volumes and concentrations. Maximum temperature, minimum temperature, range among temperatures, relative humidity and precipitation of the day of the semen collection and on each of the preceding 45 days had low effects on the seminal characteristics. It is possible that the boars in warm humid tropical areas develop a high level of adaptation that permits an adequate testicular thermoregulation that favors the spermatogenic function of the seminiferous tubules in a way that does not perceptibly affect production the seminal quality.

Key words: Boars, boar semen, climate, reproduction.

INTRODUCCIÓN

Los seres vivos requieren de condiciones ambientales específicas para su supervivencia. Algunas especies animales que habitan zonas templadas presentan ciclos reproductivos influenciados por las estaciones, con una temporada sexual definida, pero estas mismas especies cuando habitan en zonas tropicales manifiestan conducta sexual durante todas las épocas del año, mostrando que los componentes ambientales juegan una función importante en la regulación sexual (Wollmann *et al.*, 2002; Nääs, *et al.*, 2002 y Chemineau, 1993).

Aunque en el trópico los machos y hembras de especies domésticas se aparean y procrean durante todo el año, la eficiencia reproductiva se altera por efectos de la temperatura ambiente elevada que produce estrés térmico y que en los machos limita la capacidad de termorregulación testicular necesaria para el desarrollo normal de la espermatogénesis. Se ha documentado suficientemente la alteración de la eficiencia reproductiva de las hembras por efectos del estrés calórico, representada en retardo de la pubertad, prolongado intervalo destete celo, reducción de la tasa de partos, disminución del tamaño de las camadas (Weitze, 2000). En los machos este efecto se manifiesta a través de alteraciones en la libido y en las características de los eyaculados, en los que se observa menor volumen, disminución de la movilidad y aumento de las anomalías espermáticas (Rodríguez y Wallgren, 2000) que reducen su fertilidad (Nääs *et al.*, 2002).

En explotaciones porcinas del trópico existe muy poca información sobre las características seminales y sobre sus cambios a través del año. Una investigación desarrollada por Fuentes *et al.* (1992) mostró un efecto adverso de la temperatura ambiental alta sobre la calidad y la producción espermática, con alta variabilidad entre individuos y entre eyaculados del mismo individuo, afectando principalmente el volumen seminal, la movilidad y la morfología. Sin embargo, Serrano *et al.* (1996), Cameron (1980) y

Hurtgen; Larse y Crabo (1980) no encontraron una influencia de la temperatura sobre la calidad del semen de cerdos. No existe una evidencia clara del efecto del clima sobre las características seminales de reproductores porcinos alojados en ambiente tropical cálido por períodos prolongados. El objetivo de esta investigación fue evaluar las características seminales de reproductores porcinos, utilizando cerdos de la misma línea con edades similares, ubicados en la misma granja porcícola comercial, en una zona de bosque húmedo tropical y relacionarlas con la temperatura, la humedad relativa y la precipitación durante un período de 30 semanas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en una explotación porcícola comercial ubicada en el municipio de Polonuevo (Atlántico), a una altura de 8 msnm, con una temperatura media 28,1°C, una humedad relativa de 82% y una precipitación de 778,7 mm. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (IDEAM), 2002), correspondiente a una zona de vida de bosque húmedo tropical (Espinal, 1992).

Se seleccionaron diez reproductores porcinos de la línea comercial PIC, con edades entre 12 y 24 meses, que al examen físico no presentaban alteraciones sanitarias ni reproductivas y que presentaban un excelente desarrollo testicular. Se ubicaron en corrales individuales sin control de temperatura ambiente, con suministro de 2 kg por día de un alimento concentrado comercial (proteína 16%, energía 3200 kcal).

A cada reproductor se le efectuó recolección de semen por el método manual (Rillo, 1982), con intervalos aproximados de siete días durante 30 semanas, para un total de 298 eyaculados. Durante la recolección se recibió la fracción rica en espermatozoides en un recipiente termoaislado dotado de un filtro de poliéster no tejido. Las fracciones pre y posespermática se recibieron en otro recipiente. El volumen total se interpretó como la suma del volumen de la fracción rica más el de las fracciones pre y posespermáticas (Sorensen, 1982). Se realizó la lectura del pH en la fracción rica con un potenciómetro (Metrohm 744) dotado de microelectrodo. Se estimó la concentración espermática mediante un espermadensímetro de Karras (Köning, 1979). La movilidad individual se evaluó al microscopio (40X) a 37°C y se calculó en forma subjetiva como el porcentaje de espermatozoides que mostraron un patrón de movilidad vigorosa (Rodríguez-Martínez y Eriksson, 2000). La calidad de movimiento se calificó en una escala de 0 a 5, así: 0: sin movimiento, 1: movimiento vibratorio sin desplazamiento, 2: movimiento vibratorio con desplazamiento, 3: la mayoría de células se desplazan circularmente, 4: la mayoría de células se desplazan progresivamente, 5: movimiento progresivo y rápido (Gil, 1998). La morfología se estudió en extendidos seminales coloreados con la técnica de eosinánigrosina modificada (Barth y Oko, 1989) validada para porcinos (Tardif *et al.*, 1999), preparados en el laboratorio de la granja y enviados en cajas portaláminas al laboratorio de Biotecnología Animal de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, para su estudio.

La lectura se realizó con objetivo de 100X, evaluando las anormalidades de la cabeza, pieza intermedia y pieza principal en forma descriptiva en 100 espermatozoides por extendido (Moya y Hernández, 1989). Para evaluar la integridad del acrosoma se utilizó el mismo extendido, considerando como anormales los acrosomas desprendidos, hinchados, protuberantes y rugosos (Bamba, 1988). También en el mismo extendido seminal se evaluó el porcentaje de espermatozoides vivos como aquellos que rechazaron el colorante (Barth y Oko, 1989). Se incubó una mezcla de 0,1 ml de la fracción rica de cada eyaculado, mezclado con 0,9 ml de solución hipoosmótica a base de diluyente BTS Plus® (aproximadamente 150 mOsmL⁻¹) a 37°C durante 120 minutos, luego se fijó con tres gotas de formaldehído (2%) en citrato de sodio (2,9%) en tubos de dos ml. Las muestras se enviaron al laboratorio de Biotecnología Animal de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, para evaluar en 100 espermatozoides el porcentaje de reacción (enrollamiento o doblez de la cola, hinchazón de la pieza intermedia o de la cabeza) (Vázquez *et al.*, 1997).

Se tomó la información de temperatura de la zona desde 45 días antes de la primera recolección de semen hasta el día de la última recolección, a partir de los registros diarios del Instituto de Hidrología, Meteorología y de Adecuación de tierras (IDEAM), teniendo en cuenta la temperatura máxima y la mínima, con base en las cuales se calculó el rango. La información sobre la humedad relativa y la precipitación se tomó de la misma fuente para el mismo período.

Se aplicó estadística descriptiva a cada uno de los parámetros de evaluación seminal (volumen total, volumen de la fracción rica, concentración, pH, movilidad individual, morfología, vitalidad, integridad acrosómica y resistencia hipoosmótica). Se descompuso la variabilidad de cada característica en una componente intraindividual y en otra interindividual, usando estimadores de máxima verosimilitud, con base en el procedimiento PROC VARCOMP de (SAS, 1999). A partir de los estimadores de la varianza obtenidos se calcularon los coeficientes de variación, tanto intra como interindividuales, para cada una de las características. Para relacionar las características seminales con las variables climáticas se agruparon las anormalidades morfológicas, según la región espermática afectada, en anormalidades de cabeza, de pieza intermedia y de pieza principal; las demás características fueron relacionadas sin ninguna modificación o agrupamiento. Se evaluaron posibles correlaciones entre las características seminales y las variables climáticas (temperatura máxima, temperatura mínima, rango entre temperaturas máxima y mínima, humedad relativa y precipitación) registradas el día de la recolección seminal, así como con las que se presentaron durante cada uno de los 45 días anteriores a la misma. El registro de las características climáticas

durante el período de 45 días previos a la recolección seminal se realizó con el fin de detectar la posible influencia del clima durante todo el período de espermatogénesis (34 días) y maduración espermática epididimal (11 días).

RESULTADOS

No fue posible procesar la información de algunas muestras debido a inadecuada preparación y transporte de extendidos coloreados, a deficiente registro de datos y a aglutinación seminal en la solución de test hipoosmótico. Durante las 30 semanas del período experimental no hubo cambios significativos en la temperatura, la precipitación o la humedad relativa, que demarcaran diferentes épocas climáticas. El clima se caracterizó por ser cálido y húmedo (Tabla 1). La precipitación total durante el período experimental fue de 191 mm.

Tabla 1. Temperaturas y humedad en Polonuevo (Atlántico, Colombia), desde 45 días antes de la primera recolección de semen de porcinos hasta el día de la última.

Variable climática	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	Rango de temperatura	Humedad relativa
Promedio	33,66	25,20	9,14	82,03
Coeficiente de variación	3,03	8,10	29,81	5,56

Características seminales. Las características del semen se muestran en la Tabla 2. El volumen total del eyaculado fue de $290,18 \pm 44,87$ ml y el de la fracción rica en espermatozoides fue de $146,97 \pm 13,01$ ml. En 260 extendidos seminales evaluados se encontraron $77,92 \pm 16,89\%$ espermatozoides morfológicamente normales. Las anormalidades espermáticas más frecuentes se ubicaron en la pieza intermedia ($16,66 \pm 10,88\%$), seguidas por las de pieza principal ($2,87 \pm 1,19\%$) y en menor número las de cabeza ($2,66 \pm 1,54\%$). Al detallar individualmente las anormalidades morfológicas, la gota citoplasmática distal se presentó con mayor frecuencia ($6,29 \pm 7,42\%$), seguida por la pieza intermedia reflejada distalmente ($4,76 \pm 9,03\%$).

Tabla 2. Características seminales de reproductores porcinos que habitan en una zona de bosque húmedo tropical ubicada en Polonuevo (Atlántico, Colombia).

Características	n	Media	Varianza dentro de cerdos	CV	Varianza entre cerdos	CV
Volumen Total	244	290,1	1282,0	12	4053,2	22
Volumen Libre	264	146,9	97,4	7	875,3	20
pH	277	7,6	0,01	1	0,06	3
Movilidad Individual	277	94,1	1,1	1	6,4	3
Calidad de movimiento	277	4,2	0,02	3	0,08	7
Concentración	273	615,4	929,6	5	2384,8	8
Espermatozoides normales	260	77,9	125,3	14	171,8	17
Anormalidad de cabeza	258	2,6	2,3	58	7,9	108
Anormalidad de pieza media	259	16,6	118,3	66	136,2	70
Anormalidad de pieza principal	260	2,8	1,4	42	12,7	127
Acrosomas normales	260	88,1	0,0	0	110,1	12
Vitalidad	256	91,9	1,0	1	25,4	5
Test hipoosmótico	271	75,7	22,7	6	379,0	26

C.V.: Coeficiente de variación.

En la Tabla 3 se describen las características de la morfología espermática detalladas en forma individual.

Tabla 3. Morfología espermática en 260 eyaculados de reproductores porcinos que habitan en una zona de bosque húmedo tropical ubicada en Polonuevo (Atlántico, Colombia).

Característica	%		Característica		
	Promedio	D. E.		Promedio	D. E.
Normal	77,53	17,11	Pieza intermedia reflejada. distalmente	4,76	9,03
Cabeza piriforme	1,04	1,55	Defecto dag	0,42	0,97
Cabeza elongada	0,26	0,65	Pieza intermedia gruesa	0,44	1,06
Microcefálico	0,25	0,61	Pieza intermedia doble	0,20	0,59
Macrocefálico	0,24	0,92	Aplasia segmentaria de pieza intermedia	0,20	0,63
Cabeza redonda	0,65	1,27	Pieza intermedia doblada	0,45	2,40
Cabeza doble	0,12	0,41	Pieza intermedia Fractura	0,07	0,38
Vacuola nuclear	0,01	0,10	Membrana desprendida en pieza intermedia	0,10	0,45
Defecto diadema	0,05	0,29	Pieza intermedia. enrollada	0,17	0,83
Cabeza amorfa	0,10	0,31	Pieza intermedia. fracturada	0,10	0,38
Esperma calvo	0,04	0,20	Cola abaxial	0,43	0,89
Cabeza ovalada	0,04	0,20	Cola fracturada	0,33	0,98
Decapitado	0,63	1,04	Cola curva	1,78	3,95
Gota citoplasmática distal	6,29	7,42	Cola enrollada	1,02	2,39
Gota citoplasmática proximal	2,21	3,28	Cola en moñón	0,16	0,51
Pseudogota	0,37	0,81	Cola doble	0,17	0,76

D.E.: Desviación estándar

Correlaciones. Dado que para el cálculo de cada uno de los coeficientes de correlación se usó gran cantidad de información (alrededor de 300 pares de datos), la potencia de la prueba de hipótesis para evaluar su significancia estadística tiende a 1; es decir, que cualquier coeficiente de correlación muestral que supere en valor absoluto a 0,12 resultará significativo. Por tanto, en lugar de revisar la significancia estadística de cada uno de ellos (valores p) se encontró más práctico evaluar los correspondientes diagramas de dispersión, en particular en aquellos casos en los que se creía que pudiera existir una correlación real. Un criterio adicional para diagnosticar si una correlación muestral alta corresponde a una correlación real fue la observación de los coeficientes de correlación de los días vecinos, puesto que no tiene mucho sentido biológico el hecho de que se presente, por ejemplo, una alta correlación positiva entre alguna característica seminal y una variable climática medida en el día t , y que las correlaciones entre la misma característica seminal y la misma variable climática medida en los días $t-1$, como $t+1$ resulte negativa. Esto sería evidencia de una correlación espuria. Como ayuda para tal análisis se graficaron, para cada par de variables, los coeficientes de correlación en el eje de la ordenada y los días en el eje de la abscisa, tal y como se muestra en las Figuras 15 que representan las correlaciones de una de las características con las variables climáticas que se presentaron el día de la recolección del semen y cada uno de los 45 días anteriores. Las demás características mostraron comportamiento similar.

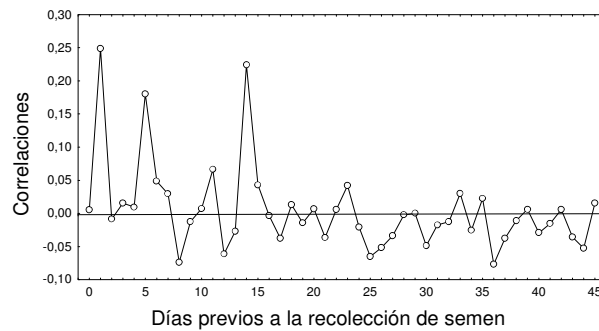


Figura 1. Correlaciones entre la precipitación y las anomalías de cabeza en semen de reproductores porcinos que habitan en una zona de bosque húmedo tropical ubicada en Polonuevo (Atlántico, Colombia).

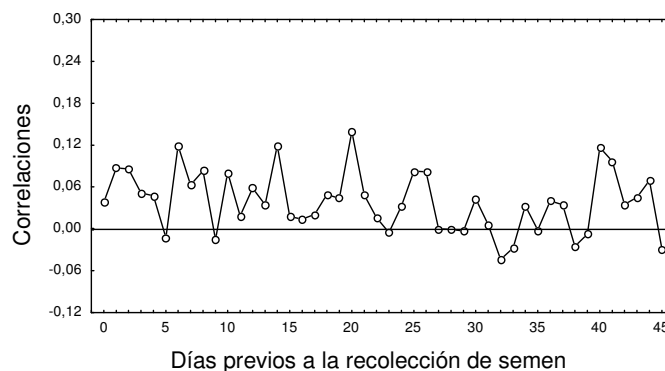


Figura 2. Correlaciones entre la humedad relativa y las anomalías de cabeza en semen de reproductores porcinos que habitan en una zona de bosque húmedo tropical ubicada en Polonuevo (Atlántico, Colombia).

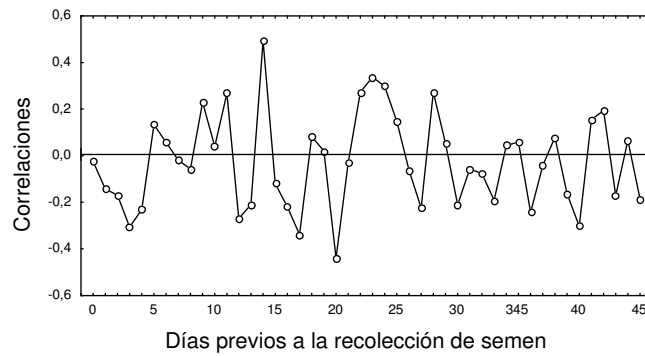


Figura 3. Correlaciones entre la temperatura mínima y las anomalías de cabeza en semen de reproductores porcinos que habitan en una zona de bosque húmedo tropical ubicada en Polonuevo (Atlántico, Colombia).

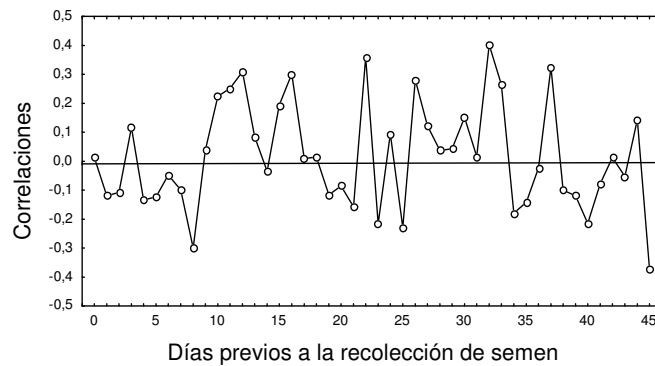


Figura 4. Correlaciones entre la temperatura máxima y las anomalías de cabeza en semen de reproductores porcinos que habitan en una zona de bosque húmedo tropical ubicada en Polonuevo (Atlántico, Colombia).

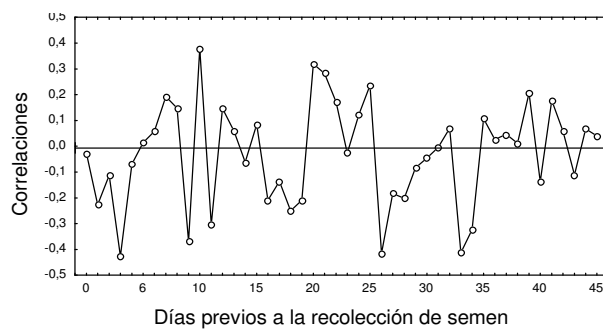


Figura 5. Correlaciones entre el rango de temperaturas y las anomalías de cabeza en semen de reproductores porcinos que habitan en una zona de bosque húmedo tropical ubicada en Polonuevo (Atlántico, Colombia).

DISCUSIÓN

Las características seminales se encontraron dentro de los valores normales y, en general, fueron superiores a las reportadas por Fuentes *et al.* (1992). Para las razas Yorkshire, Landrace y Duroc en la misma zona de vida. Los valores encontrados para estas características superaron las exigencias de parámetros de evaluación seminal asociados a alto potencial de fertilidad descritos por Rodríguez y Wallgren (2000), excepto para las anomalías morfológicas, las cuales estuvieron 7% por encima del 15% establecido como valor estándar aceptable.

Volumen. El volumen de un eyaculado es característico de cada especie (Kolenbrander; Feitsma y Grooten, 1993; Jasko, 1992) y aunque no parece estar relacionado con la fertilidad sí condiciona el número total de espermatozoides y de dosis por eyaculado (Tardif *et al.*, 1999). En esta investigación el volumen seminal estuvo dentro del rango fisiológico y fue mayor al encontrado por Fuentes *et al.* (1992) para reproductores de diferentes razas en granjas de Venezuela. Es posible que la selección genética para características productivas y reproductivas, el balance de nutrientes y las normas sanitarias aplicados por empresas comerciales que usan inseminación artificial, influyen la expresión de un alto volumen seminal, sin descartar la influencia que pueda tener el vigor híbrido expresado en este cruce.

El volumen seminal presentó alta variación entre eyaculados de diferentes cerdos, así como entre los del mismo cerdo; variaciones similares fueron observadas en otras investigaciones (Fuentes *et al.*, 1992; Trudeau y Sanford, 1986; Mazzarri y Fuentes, 1978; Wettermann *et al.*, 1976; Singleton y Shelby, 1972). La variación en el volumen seminal se debe principalmente a la variación individual en el tamaño de las glándulas accesorias, aunque también está influenciada por la cantidad de estímulo sexual previo a la recolección (Cooper, 1980). En el presente trabajo la frecuencia de las recolecciones seminales (cada siete días) no fue homogénea entre los cerdos, debido a un incremento de las necesidades de inseminación que presionaron el mayor uso de algunos reproductores, los cuales tuvieron menores intervalos entre recolecciones en ciertos periodos. Algunos autores (Strzezek *et al.*, 2000; Rodríguez y Wallgren, 2000) han reportado que la frecuencia de las recolecciones presenta una correlación inversa con el volumen de los eyaculados.

Potenciometría. La medida del pH tiene poco valor como criterio de selección de un eyaculado y en semen porcino fluctúa entre 7,2 y 7,5 (Köning, 1979). Los valores de pH seminal fueron similares a los referenciados por Singleton y Shelby (1972) e inferiores a los encontrados por Strzezek *et al.* (2000). Esta característica presentó escasa variación intra e interindividualmente, indicando homogeneidad de la composición iónica del semen a través del tiempo.

Movilidad individual. El objetivo de estimar la movilidad es determinar la proporción de espermatozoides móviles y la proporción de movimiento progresivo (Malmgren, 1997). La movilidad individual es una de las características más indicadoras de la capacidad fertilizadora *in vivo* de una muestra de semen, y en dosis subóptimas se correlaciona positivamente con la fertilidad en porcinos (Tardif *et al.*, 1999). Los promedios de movilidad encontrados fueron superiores a los referenciados por varios autores (Wollmann *et al.*, 2002; Weitze, 2000; Strzezek *et al.*, 2000; Fuentes *et al.*, 1992; Trudeau y Sanford, 1986) para cerdos de diferentes razas y edades alojados en diferentes ambientes. Aunque la temperatura ambiente media estuvo por encima del límite superior crítico durante las 30 semanas de evaluación, la movilidad individual no varió y se mantuvo alta. Trudeau y Sanford (1986) tampoco encontraron efectos de los meses sobre el porcentaje de movilidad individual espermática de porcinos.

La calidad del movimiento se mantuvo constante durante todo el periodo experimental, con escasa variabilidad intra e interindividual y fue superior a la referenciada por Fuentes *et al.* (1992).

Concentración espermática. La concentración de espermatozoides en un eyaculado es un indicador de la capacidad productora de gametos en los túbulos seminíferos y, aunque no parece estar relacionada con la fertilidad, afecta la tasa de dilución seminal y el número de dosis procesables de un eyaculado (Tardif *et al.*, 1999). La concentración de espermatozoides fue superior a la reportada por otros investigadores para varias razas en diferentes ambientes (Wollmann *et al.*, 2002; Strzezek *et al.*, 2000; Trudeau y Sanford, 1986), cualidad que se considera producto de la adaptación al estrés calórico crónico y a la selección, la adecuada nutrición y manejo sanitario de los cerdos en la granja comercial evaluada.

La concentración espermática es una característica muy variable entre individuos (Singleton y Shelby, 1972), dependiendo de la edad (Rodríguez y Wallgren, 2000), el ambiente social y la estación (Trudeau y Sanford, 1986); sin embargo, en la presente investigación la concentración espermática presentó escasa variación tanto intra como interindividual. Ello podría explicarse en parte por la homogeneidad de la muestra utilizada en cuanto a grupo genético, estado de salud, desarrollo testicular, edad y ubicación en la misma granja.

Morfología. El estudio de la morfología espermática es un componente de la evaluación andrológica que permite identificar reproductores que sufren patologías genitales. Los resultados de esta prueba no muestran relación con la fertilidad pero permiten identificar reproductores con semen de baja calidad, con base en lo cual se descartarían como donantes en programas de inseminación artificial (Rodríguez-Martínez y Eriksson, 2000). Los valores para morfología espermática anormal superaron en un 7% a los sugeridos por Rodríguez y Wallgren (2000) y por Rodríguez-Martínez y Eriksson (2000) para semen de alta calidad; así mismo, superaron a los reportados por Fuentes *et al.* (1992) en cerdos de granjas ubicadas en zona de trópico húmedo. Para esta evaluación se aplicó el método sugerido por Barth y Oko (1989), quienes consideran una alta gama de defectos espermáticos (más de 30), que van desde malformaciones sutiles hasta graves daños de conformación celular, los cuales fueron visualizados mediante observación microscópica a 100 X. Este criterio de evaluación detecta anomalías morfológicas no consideradas bajo otras metodologías, lo cual explica el mayor porcentaje de anomalías detectadas con respecto a las de otros estudios, afectando los estándares sugeridos para semen de alta calidad (Rodríguez y Wallgren, 2000). Este método de valoración de la morfología espermática por cuantificación de los defectos específicos tiende a reemplazar a la anterior forma de consideración de las anomalías como primarias o secundarias, debido a que aporta valiosa información para determinar el origen y la magnitud de las patologías que las producen (Barth y Oko, 1989). No se descarta la posibilidad de presentación de un efecto nocivo de la alta temperatura y humedad relativa sobre la espermatogénesis, generando un aumento en el porcentaje de anomalías espermáticas.

Las anomalías de cabeza, de pieza intermedia y de pieza principal en el semen presentaron altas variaciones entre los eyaculados. La característica con mayor variación fue la presencia de pieza intermedia reflejada distalmente. Esta anomalía morfológica tiene etiología variada (Barth y Oko, 1989) y puede generarse como consecuencia de alteraciones en la temperatura testicular en individuos que no ejercen un mecanismo adecuado de termoregulación testicular.

La gota citoplasmática distal, que es indicadora de inmadurez espermática (Larsen; Crab y Leman, 1980), constituyó la anomalía más frecuentemente encontrada, aunque su incidencia fue moderada. Diversas investigaciones reportan a las inserciones abaxiales del flagelo como la anomalía más frecuentemente hallada en espermatozoides porcinos (Serrano *et al.*, 1996; Thilander; Sehergren y Ploen, 1985), sin embargo, bajo las condiciones de esta investigación, esta anomalía fue una de las menos frecuentes.

Vitalidad. La vitalidad espermática se relaciona estrechamente con las estimaciones de la movilidad progresiva (Hafez, 1989; Sorensen, 1982). Se encontró un alto porcentaje de vitalidad espermática con escasa variación intra e interindividual durante todo el período. El porcentaje de vitalidad fue mayor al reportado para diferentes razas, edades y regiones por otros investigadores en zonas tropicales (Fuentes *et*

al., 1992) y en otras latitudes (Park y Yi, 2002). La mayor vitalidad encontrada se debe a la homogeneidad de la muestra que solo incluyó individuos maduros jóvenes y sanos, de la misma línea genética, ubicados en la misma granja, bajo condiciones nutricionales y sanitarias similares.

Integridad acrosómica. El acrosoma almacena las enzimas líticas necesarias para la fecundación del oocito; de su integridad depende en gran medida la capacidad fecundante de los espermatozoides (Rodríguez-Martínez y Eriksson, 2000; Hafez, 1987). La membrana acrosómica se puede deteriorar por muchas causas ambientales o genéticas que dañan su integridad y alteran su funcionalidad (Barth y Oko, 1989). De 26000 espermatozoides evaluados 23088 (88,8%) mostraron una estructura normal, indicadora de su integridad. Este porcentaje se mantuvo con escasa variación a través del tiempo y fue similar al encontrado en otras investigaciones bajo diferentes condiciones ambientales (Wettermann *et al.*, 1976).

Reacción hipoosmótica. La reacción de los espermatozoides ante una solución hipoosmótica es un indicador de la funcionalidad bioquímica de la membrana, necesaria durante la fertilización, la capacitación, la reacción acrosómica y la unión del espermatozoide al óvulo (Correa y Zavos, 1994). El porcentaje de espermatozoides reactivos a la prueba hipoosmótica (75,7%) presentó baja variación intraindividual y moderada variación interindividual, demostrando la estabilidad de esta característica en los espermatozoides de cerdos alojados bajo condiciones de bosque húmedo tropical durante 30 semanas.

Efectos de las variables climáticas sobre las características seminales. Las características seminales (volumen total, volumen de la fracción rica, concentración, pH, movilidad individual, morfología, vitalidad, integridad acrosómica y resistencia hipoosmótica) de los reproductores porcinos no fueron afectadas por la temperatura máxima, la temperatura mínima, el rango entre las temperaturas máxima y mínima, la humedad relativa ni la precipitación, que se presentaron el día de la recolección y en cada uno de los 45 días anteriores a ella, en una zona cálida húmeda del trópico colombiano. Durante el periodo de 30 semanas de evaluación de las características seminales de porcinos, no se presentaron variaciones significativas en el clima que indicaran la presencia de épocas climáticas definidas, situación que no induce estrés térmico climático agudo.

Esta relativa estabilidad climática puede estar relacionada con la poca variación intra e Inter.individual de las características estudiadas. En varios días el valor absoluto del coeficiente de correlación muestral de cada variable superó la cifra positiva y negativa de 0,12 (valor por encima del cual, para $n=300$, se rechazaría la hipótesis de no correlación), lo que indicaría la existencia de una influencia significativa del clima de ese día sobre la variable, pero al observar las correlaciones los días anterior y siguiente, la cifra adquiere valores que varían desde grados leves hasta extremos de signo contrario y en ningún caso mostró evidencias que indicaran la influencia climática sobre muestras consecutivas. Esta interpretación de los resultados muestra que las correlaciones positivas y negativas que superen un valor absoluto de 0,12 y que sean precedidas y anteceditas por valores lejanos a esta cifra son espurias, lo que conduce a deducir que las variables climáticas temperatura máxima, temperatura mínima, rango entre la temperatura máxima y la mínima, humedad relativa y precipitación que se presentaron el día de la recolección del semen y cada uno de los 45 días anteriores a esta, no tuvieron efectos sobre las características seminales volumen del eyaculado, volumen de la fracción rica en espermatozoides, pH seminal, concentración de espermatozoides, morfología espermática, movilidad, vitalidad, integridad acrosómica y resistencia hipoosmótica.

En los países templados se ha comprobado un efecto marcado de las estaciones sobre las características seminales de porcinos, en los cuales se observa disminución del volumen durante los meses cálidos (Kolenbrander y Kemp, 1990), disminución del número total de espermatozoides por eyaculado (Kolenbrander y Kemp, 1990; Trudeau y Sanford, 1986), disminución de la movilidad (Trudeau y Sanford, 1986; Peter, 1980; Hurtgen, 1980), aumento de la incidencia de malformaciones (Malmgren, 1993; Trudeau y Sanford, 1986), aumento del pH (Trudeau y Sanford, 1986), aumento del porcentaje de

espermatozoides con acrosoma anormal (Wettermann *et al.*, 1976) y disminución de la fertilidad (Nääs *et al.*, 2002; Weitze, 2000; Chemineau, 1993). Sin embargo, no existe una evidencia clara del efecto del clima tropical cálido por períodos prolongados sobre las características seminales de reproductores porcinos. Un efecto negativo de la alta temperatura sobre las características seminales de porcinos fue encontrada por Fuentes *et al.* (1992), pero esta influencia no pudo ser demostrada por Serrano *et al.* (1996), Cameron (1980), Hurtgen; Larse y Crabo (1980) y Mazzarri (1969).

El aumento de la temperatura testicular provoca alteraciones en algunas etapas del ciclo del epitelio seminífero y por eso esta variación climática se limita a afectar a algunos tipos celulares, dentro de los que no se incluye a los espermatozoides epididimarios, lo que explica el moderado plazo necesario para que se inicie la aparición de las primeras anomalías en el eyaculado después de un estrés térmico (Chemineau, 1993). Los estudios experimentales realizados por Wettermann *et al.* (1976) sometiendo cerdos a estrés térmico prolongado demostraron un aumento de la temperatura corporal y de la frecuencia respiratoria y un deterioro de las características seminales durante las primeras semanas, pero a partir de la sexta semana, la temperatura, la respiración y las características seminales recobraron sus valores cercanos a los normales, indicando un alto grado de adaptación a la temperatura elevada cuando esta actúa por períodos prolongados. Un deterioro de las características seminales durante algunas semanas después de iniciado un estrés térmico también fue encontrado por Weitze (2000). Es posible que los reproductores porcinos en zona tropical cálida desarrollen un alto grado de adaptación que les permite realizar una adecuada termoregulación testicular que favorece la función de los túbulos seminíferos de manera que no se afecta sensiblemente la producción y la calidad seminal durante períodos prolongados.

CONCLUSIONES

Los reproductores porcinos maduros jóvenes alojados en zonas de vida de bosque húmedo tropical producen semen de características semejantes a las de cerdos en otras latitudes, aunque su volumen y concentración de espermatozoides tiende a ser mayor.

Las características seminales de reproductores porcinos maduros jóvenes alojados en zona de vida de bosque húmedo tropical presentan baja o moderada variación intra e interindividual.

La temperatura máxima, la temperatura mínima, el rango entre las temperaturas máxima y la mínima, la humedad relativa y la precipitación que se presentaron el día de la recolección de semen y cada uno de los 45 días anteriores a ella, no tuvieron efecto significativo sobre las características seminales.

Se requiere realizar estudios más amplios que permitan determinar los efectos de las variaciones del clima tropical sobre las características seminales.

BIBLIOGRAFIA

BAMBA, K. Evaluation of acrosomal integrity of boar spermatozoa by bright field microscopy using an eosin-nigrosin stain. *En: Theriogenology*. Vol. 29, No. 6. (1988); p. 1245-1252.

BARTH, A. D. and OKO, R. J. Abnormal morphology of bovine spermatozoa. Iowa University Press, 1989. 285 p.

CAMERON, R. D. A. The effect of heat stress on reproductive efficiency in breeding pigs. *En: Veterinary Annual*. Vol. 20 (1980); p. 259-264.

CHEMINEAU, P. Medio ambiente y reproducción. *En: EAR/RMZ*. Vol. 77, No.4 (1993); p. 2-14.

COOPER, W. Artificial breeding of horses. *En: The Veterinary Clinics of North America*. Vol. 2, No. 2 (1980); p. 267-274.

CORREA, J. R. and ZAVOS, P. M. The hypoosmotic swelling test: its employment as an assay to evaluate the functional integrity of the frozenthawed bovine sperm membrane. *En: Theriogenology*. Vol.42 (1994); p. 351-360.

ESPINAL, L. S. Geografía ecológica de Antioquia: zonas de vida. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1992. 146 p.

FUENTES, A. R. *et al.* Effect of season on semen traits of boar in the tropics. *En: Zootecnia Tropical*. Vol. 10, No. 1 (1992); p. 51-64.

GIL, J. Preparación de las dosis seminales en un C.I.A. de pequeño tamaño. *En: Revista de la Nueva Ganadería Española Nuestra Cabaña*. Monográfico de Porcino. No. 283 (Sep.,1998); p. 14-19.

HAFEZ, E. S. E. Reproducción e inseminación artificial en animales. 5ed. México: Interamericana McGrawHill, 1989. 694 p.

HUGHES, P. E. y VARLEY, M. A. Reproducción del cerdo. Zaragoza España: Acribia, 1984. 253 p.

HURTGEN, J. P.; LARSE, R. and CRABO, B. Factors affecting the semen quality in the boar. *En: INTERNATIONAL CONGRESS ON ANIMAL REPRODUCTION AND ARTIFICIAL INSEMINATION* (9:1980). Symposia (free communications). s.l.: The Congress, 1980. v 3, p.271-276.

JASKO, E. Seminal characteristics of stallion and fertility. *En: Current Therapy in Equine Medicine* No. 3 (1992); p. 671-677.

KOLENBRANDER, B.; FEITSMA, H. and GROOTEN, H. J. Optimizing semen production for artificial insemination in swine. *En: Journal of Reproduction and Fertility*, Suppl. 48 (1993); p. 207 – 215.

_____ and KEMP, B. Factors influencing semen quality in pigs. *En: Journal of Reproduction and Fertility*. Suppl. 40 (1990); p. 105115.

KÖNING, I. Inseminación de la cerda. Zaragoza: Acribia, 1979. 181 p.

LARSEN, R. E.; CRAB, B. and LEMAN, A. D. Physical and chemical influences of loss of the cytoplasmic droplets from porcine spermatozoa during ejaculation. *En: INTERNATIONAL CONGRESS ON ANIMAL REPRODUCTION AND ARTIFICIAL INSEMINATION* (9: 1980: Madrid). Symposia (free communications). Madrid: The Congress, 1980. v.3, p.274.

MALMGREN, L. Induced testicular alterations in peripubertal and mature boars. Uppsala, 1993. 130p. (Doctoral thesis) Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för obstetrik och gynekologi, Veterinärmedicinska fakulteten.

MALMGREN, L. Assessing the quality of raw semen: a review. *En: Theriogenology*. Vol. 48 (1997); p. 523-530.

MAZZARRI, G. y FUENTES A. Características espermáticas de los verracos bajo condiciones tropicales. *En: Ciencias Veterinarias*. Vol. 8, No. 4 (1978); p. 1133-1139.

MOYA, A. y HERNANDEZ, J. J. Procedimiento para la evaluación espermática de verracos destinados a la reproducción: dictamen de los eyaculados. *En: Revista Cubana de Ciencias Veterinarias*. Vol. 20, No. 1 (1989); p. 101-112.

NÄÄS, I. A. *et al.* The use of fans in boar housing under tropical condition. *En: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY* (17: 2002: Ames, Iowa). Proceedings of the 17 Congress of the International Pig Veterinary Society. Ames, Iowa: The Congress, 2002. p. 612.

PARK, C. S and YI, Y. J. Comparison of semen characteristics, sperm freezability and testosterone concentration between Duroc and Yorkshire boars during seasons. *En: Animal Reproduction Science*. Vol. 73, No. 1/2 (2002); p. 53-61.

PETER, W. The system of boar performance testing in central stations. *En: INTERNATIONAL CONGRESS ON ANIMAL REPRODUCTION AND ARTIFICIAL INSEMINATION* (9: 1980: Madrid). Symposia (free communications). Madrid: The Congress, 1980. v 3, p. 264.

RILLO, S. M. Reproducción e inseminación artificial porcina. Barcelona: Aedos, 1982. 124 p.

RODRÍGUEZ, H. M y WALLGREN, M. Fatores que influencian la calidad espermática en verracos en inseminação artificial em suínos. *En: III Simpósio Internacional MINITUB*. Flores da Cunha – RS – Brasil (2000); p. 34-41.

RODRÍGUEZ-MARTÍNEZ, H. y ERICSSON, B. Evaluación del semen de verraco y su relación con fertilidad en inseminação artificial em suínos. *En: III Simpósio Internacional MINITUB*. Flores da Cunha – RS – Brasil (2000); p. 11-33.

SAS Institute Inc. User's guide. Versión 8, SAS/STAT® Cary, N.C. 1999, p. 3621-3640.

SERRANO, G. L. *et al.* Estudio de las anormalidades espermáticas del verraco en relación con la raza, tipo y época en Venezuela. *En: Zootecnia Tropical* Vol. 14, No 1 (1996); p. 13-26.

SINGLETON, W. L. and SHELBY, D. R. Variation among boars in semen characteristics and fertility. *En: Journal of Animal Science*. Vol. 34, No. 5 (1972); p. 762-766.

SORENSEN, A. M. Reproducción Animal: principios y prácticas. México: MacGraw Hill, 1982. 539 p.

STONE, B. A. Heat induce infertility in boars: the interrelationship between depressed sperm output and fertility and an estimation of the critical air temperature above which sperm output is impaired. *En: Animal Reproduction Science*. Vol. 4 (1982); p. 283-299.

STRZEZEK, J. *et al.* Effect of depletion tests (DT) on the composition of boar semen. *En: Theriogenology*. Vol. 54 (2000); p. 949-963.

TARDIF, S. *et al.* The importance of porcine sperm parameters on fertility in vivo. *En: Theriogenology*. Vol. 52 (1999); p. 447-459.

THILANDER, G.; SEHERGREN, P. and PLOEN, L. Abaxial implantation of the middle piece in spermatozoa and spermatids in related sterile boars. *En: Acta Vet. Scand*. Vol. 25 (1985), p. 513-520.

TRUDEAU, V. and SANFORD, L. M. Effect of season and social environment on testis size and semen quality of the adult landrace boar. *En: Journal of Animal Science*. Vol. 63 (1986); p. 1211-1219.

VÁZQUEZ, J. M. Hypoosmotic swelling of boar spermatozoa compared to other methods for analyzing the sperm membrane. *En: Theriogenology*. Vol. 47 (1997); p. 913-922.

WEITZE, K. F. Infertilidade estacional no suíno. *En: III Simposio Internacional "Inseminação Artificial em Suínos"*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brasil. Agosto (2000); p. 50-55.

WETTERMANN, R. P. *et al.* Influence of elevated ambient temperature on reproductive performance of boars. *En: Journal of Animal Science*. Vol. 42, No. 3 (1976); p. 664-669.

WOLLMANN, E. B. *et al.* Differences in sperm output in boars according to season. *En: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY (17: 2002: Ames, Iowa)*. Proceedings of the 17 Congress of the International Pig Veterinary Society. Ames, Iowa: The Congress, 2002. p. 664.