



Factores que influyen en la calidad y principales características seminales del verraco

Factors influencing the quality and main boar semen characteristics

Carlomagno Velásquez Vergara¹

RESUMEN

Objetivo: Recopilar información actualizada sobre los factores que influyen en la variación de la calidad seminal y determinar cuáles son las características seminales que evalúan mejor la performance reproductiva del verraco. Las características seminales son muy variables y están influenciados por la edad, línea genética, estado nutricional, frecuencia de colección y estimulación sexual previa a la colecta. **Materiales y métodos:** La evaluación de la calidad seminal comprende el estudio del volumen, pH, color, concentración, motilidad, anormalidades, viabilidad, funcionalidad de la membrana citoplasmática e integridad del acrosoma. La evaluación de estas características, se realizan con mayor precisión utilizando métodos computarizados como el C.A.S.A., que relacionan los resultados de la motilidad y anormalidades espermáticas con la tasa de fertilidad y el Numero de lechones nacidos vivos obtenidos en las marranas, lo cual contribuye a una mejor selección del eyaculado. La fertilización “in vitro” es una nueva alternativa para evaluar la capacidad fecundante del semen. **Conclusión:** La calidad seminal del verraco es variable, depende de múltiples factores internos y externos: se puede evaluar con mayor precisión con los métodos computarizados que predicen mejor su capacidad fecundante.

Palabras clave: Calidad, semen, verracos, fertilidad, anormalidades

ABSTRACT

Objective: To gather updated information on the factors influencing the variation of semen quality and determine what are the best seminal characteristics evaluated boar reproductive performance information. The seminal characteristics are highly variable and are influenced by age, genetic line, nutritional status, frequency of

¹ Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental

collection and sexual stimulation prior to collection. **Methods:** The evaluation of semen quality involves the study of the volume, pH, color, concentration, motility abnormalities, viability, functionality of the cytoplasmic membrane and acrosome integrity. The evaluation of these features are performed more accurately using computerized methods such as HOME, relating results of motility and sperm abnormalities in the fertility rate and the number of piglets born alive in sows obtained, which contributes to a best selection of ejaculate. The "in vitro" fertilization is a new alternative for assessing the fertilizing capacity of semen. **Conclusion:** The boar semen quality is variable, depends on many internal and external factors can be assessed more accurately with computerized methods that best predict fertilizing capacity. **Keywords:** Quality, semen, boar, fertility, abnormalities

INTRODUCCION

Uno de los principales problemas que se observan en las granjas tecnificadas, lo constituyen las variaciones en las características seminales de los verracos usados en la inseminación artificial. La evaluación de estas características es importante para predecir la calidad del eyaculado.

La variación en la calidad seminal del verraco es multifactorial. Está relacionada con la edad, línea genética, frecuencia de colección, estado nutricional y de salud de los reproductores, estimulación sexual antes de la colecta y la estación del año. Estos factores influyen de manera directa e indirecta en las principales características seminales, como el volumen del eyaculado, pH, concentración espermática, motilidad, funcionalidad de la membrana celular, integridad del acrosoma y presencia de espermatozoides anormales.

Existen varios métodos para evaluar con mayor precisión las características seminales. El método de CASA (Computed Assisted Sperm Analysis), es una técnica computarizada moderna y actual, evalúa los diversos parámetros de motilidad espermática y anomalías espermáticas del semen, los resultados lo relacionan luego, con la tasa de fertilidad y el Número de lechones nacidos vivos obtenidos en las marranas. Este método constituye una buena herramienta que ayuda a seleccionar los verracos teniendo en consideración estas características seminales.

La presente revisión comprende dos etapas. La primera es el estudio de los principales factores que influyen en la variación de la calidad seminal y: la segunda, el estudio de las principales características seminales que determinan con mayor precisión la capacidad fecundante del verraco.

Factores que influyen sobre la calidad seminal

Se considera que el semen de verraco es de calidad cuando posee una buena capacidad fecundante, se puede obtener una mayor cantidad de dosis seminales y puede conservarse un mayor periodo de tiempo sin perder dicha capacidad.

La calidad seminal es muy variable, pueden existir diferencias entre eyaculados de un mismo reproductor o entre eyaculados de diferentes reproductores. Los principales factores responsables de esta variación son: Edad, raza, estado nutricional, alteraciones del aparato reproductor, estación del año, frecuencia de colección y estimulación sexual:

Edad: Influye sobre el volumen y concentración espermática (Frunza, 2008). La espermatogénesis se inicia muy temprano, entre los tres a cuatro meses de edad y la erección del pene es posible observarlo a partir de los cinco meses, por ello, los primeros eyaculados se colectan a partir de los siete a ocho meses, cuando el reproductor alcanza entre 70 a 100 kilos de peso vivo (Weitze, 2000).

La concentración de los espermatozoides se incrementa considerablemente a partir de los 7 a 8 meses hasta el año de edad, luego se mantiene hasta la etapa de adulto (Cameron and Vickers, 1986). En un ambiente subtropical es factible mantener la vida productiva de un verraco como donante de semen durante 4 años, esta longevidad puede llegar a los 6 años de vida en climas más templados (Hung et al, 2010).

Nutrición: En los verracos, la mayor ganancia de peso vivo se relaciona con alteraciones en la composición del semen, menor volumen y anomalías morfológicas de los espermatozoides. Para obtener un eyaculado con buenas características es necesario manejar a los reproductores de manera individual y mantener un plan nutricional correcto (Marchesi and Cesarini, 2012)

Durante la etapa del crecimiento es necesario controlar la ganancia de peso vivo diaria (GPVD) para obtener eyaculados de calidad. Cuando la GPVD es elevada se relacionan con alteraciones en la calidad del semen. Marchesi and Cesarini (2012) determinaron que ganancias de peso vivo mayores a 190 g diarios afectan la motilidad espermática de manera negativa y; cuando la GPVD se incrementó a 248 g diarios estuvo asociado con menor volumen de semen y un incremento de las anomalías espermáticas.

Raza: Este factor influye sustancialmente en el volumen y concentración espermática del eyaculado, como lo demuestran los estudios de: Ramírez et al (2000), en México encontraron que el volumen del eyaculado del cerdo criollo (pelones) varió entre 39 a 155 ml volúmenes mucho menor al logrado con los cerdos de razas comerciales, donde los volúmenes de semen entre 241 a 250 mL (Arias et al 2000),

Algunas razas pueden presentar mayores alteraciones en la estructura de los espermatozoides, tal como lo reportaron Rueda et al (2012), en Cuba, quienes encontraron que los animales de raza Hampshire presentaron mayores anomalías en la cabeza y; a medida que se incrementaba el tiempo de conservación se incrementaba el porcentaje de anomalías espermáticas.

En los últimos años, con los nuevos métodos computarizados de evaluación, se ha determinado que la raza tiene influencia sobre la motilidad y fertilidad. El efecto del verraco individual explica el 29% y 31% de la variación total de la Tasa de Fertilidad (TF) y Numero de Lechones Nacidos Vivos (LNV) en marranas; mientras que la línea genética explica el 22% y 18% de la variación de TF y LNV, respectivamente (Broeckhuijse et al 2012)

Ritmo de colección: La frecuencia de las colecciones presenta una correlación inversa con el volumen del eyaculado y la concentración espermática (Strzezek et al 2000; Rodríguez and Wallgren, 2000)

Al aumentar el número de colecciones, el volumen de eyaculado disminuye 20% en las frecuencias de dos y tres veces por semana, con reducciones mayores si el semen es extraído todos los días (Mazzarri et al 1986).

Con relación al número de espermatozoides por eyaculado, se observa una disminución de hasta un 76% en verracos con colecciones diarias (Mazzarri et al 1986).

La frecuencia elevada de colecciones en el verraco originan alteraciones en el patrón de secreción y reabsorción de los fluidos del epidídimo, que ocasionarían defectos en la maduración y anomalías en la motilidad de los espermatozoides (Pruneda et al, 2005)

Estación: En los países de clima templado se ha comprobado un efecto marcado de la estación sobre las características seminales del verraco. Se observa disminución del volumen durante los meses cálidos (Kolenbrander and Kemp, 1990), disminución del número total de espermatozoides por eyaculado (Kolenbrander and Kemp, 1990), disminución de la movilidad (Trudeau and Sanford, 1986), aumento de la incidencia de malformaciones y del pH (Trudeau and Sanford, 1986), aumento del porcentaje de espermatozoides con acrosoma anormal (Wettemann et al 1976) y disminución de la fertilidad (Weitze, 2000). Resultados similares fueron encontrados por Sancho et al, (2004), quienes observaron que la calidad espermática disminuía cuando se acortaba el fotoperiodo, lo relacionaron con alteraciones en la función testicular.

Otros autores, no encontraron una relación significativa entre las características seminales con la estación. Montserrat-Rivera et al (2005), concluyeron que las alteraciones en el fotoperiodo no producen cambios fuertes en las características seminales del verraco por la fuerte capacidad de adaptación a las variaciones de la duración de la luz que ocurren durante el día, que presenta el verraco.

En general, la exposición a temperaturas elevadas por periodos prolongados tiene muy poco efecto sobre la calidad seminal. El verraco se adapta rápidamente a la temperatura ambiental, lo que favorece una adecuada termorregulación testicular, que garantiza una función espermatogénica normal (Henao et al 2004). La temperatura ambiental óptima para obtener un buen eyaculado es 20 °C. Temperaturas elevadas por encima de 35 °C, con periodos cortos de exposición de 16 horas, generaron en los verracos un menor volumen y una disminución del poder fecundante del eyaculado, por daños en la espermatogénesis (Cameron, 1989).

Los verracos jóvenes menores de un año, soportan mejor el estrés calórico, esta resistencia disminuye paulatinamente a medida que avanza la edad. Hung et al (2010), observaron que en la época de mayor calor, los verracos alcanzan un mayor rendimiento seminal más tempranamente. Durante la temporada de calor los verracos logran un máximo rendimiento a los 33 meses de edad por un período de un mes; mientras que en la época fresca de menor calor este máximo rendimiento se prolongó hasta los 48 meses.

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) y Mazzarri (1986).

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); como lo demostraron los estudios experimentales realizados por Wettermann *et al.* (1976), quienes sometieron cerdos a estrés térmico prolongado, demostraron un aumento de la temperatura corporal, 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).

Principales características seminales del verraco

Las características seminales del verraco se especifican en la tabla 1

Tabla 1. Características seminales de reproductores porcinos

CARACTERISTICAS	N° ANIMALES	MEDIA
Volumen total (mL)	244	290,1
Volumen libre (mL)	264	146,9
pH	277	7,6
Movilidad individual (%)	277	94,1
Calidad del movimiento (%)	277	4,2
Concentración ($\times 10^3/\text{mm}^3$)	273	615,4
Espermatozoides normales (%)	260	77,9
Anormalidades de cabeza (%)	258	2,6
Anormalidades de pieza media (%)	259	16,6
Anormalidades de pieza principal (%)	260	2,8
Acrosomas normales (%)	260	88,1

Vitalidad (%)	256	91,9
Test hipoosmótico (%)	271	75,7

Adaptado de: Henao et al, (2004)

Volumen: El eyaculado total promedio del verraco es de 250 mL, con un rango que varía entre 50 a 400 mL (Frunza, 2008). La gran variación del volumen seminal se explica por el tamaño de las glándulas seminales y bulbouretrales y al grado de estimulación sexual alcanzado antes de la colecta (Cooper, 1980) y; también es consecuencia de los diversos factores que influyen en el verraco y que afectan de manera directa o indirecta la producción del eyaculado, como: La edad, raza, frecuencia de colecta, estado nutricional, momento de la colecta, estado de salud y, los agentes estresantes (Frunza, 2008).

El eyaculado del verraco presenta tres fracciones, que se pueden separar fácilmente: La primera fracción es un líquido transparente pobre en espermatozoides; luego de 30 segundos a un minuto se secreta la segunda fracción, que es una emisión blanquecina muy rica en espermatozoides (500 a 1000 000 / mm³), luego el color cambia a un color más claro, con pobre concentración espermática (100 000 / mm³), en esta fase se secreta el mayor volumen del eyaculado, que puede alcanzar 80 ml (Cameron, 1989)y; la tercera fracción, sale al final del eyaculado, es un líquido viscoso gelatinoso con gránulos secretado por las glándulas Bulbouretrales, que constituye el 20% del eyaculado (Weitze, 2000)

El manejo de las granjas porcinas es otro factor influye sobre el volumen seminal. Tosar et al (2004), en un estudio realizado en Cuba, obtuvieron volúmenes de 265,5 mL en granjas especializadas superiores a los resultados de la granja de autoconsumo, 195,9 mL. Concluyeron que las diferencias en la calidad seminal son consecuencia del manejo que se brinda a los verracos en ambas granjas.

pH: El semen del verraco tiene un pH que oscila entre 6.5 a 7.5 (Weitze, 1994). Köning, (1979), reportó que el pH del semen porcino fluctúa entre 7,2 y 7,5. Similares valores de pH fueron referenciados por Singleton and Shelby (1972); mientras Strzezek,(2000) encontró valores inferiores a los reportados por dichos autores.

Los cambios en el pH seminal afectan la viabilidad y motilidad espermática. Los bajos o elevados niveles de la secreción de las glándulas sexuales accesorias son determinantes para que el pH del semen tenga una reacción alcalina ó más ácida (King and Macpherson, 2005).

El semen con un pH elevado, por encima de 8, es indicador de un eyaculado de baja calidad ó que el verraco tiene un proceso infeccioso en el tracto genital. Las variaciones de pH entre eyaculados de un mismo reproductor puede ser generado por el pH del epidídimo, que es ácido, entre 5,9 a 6,9, originado por la permanencia de los espermatozoides en estado de anabiosis e inamovilidad (Frunza et al, 2008).

Otro factor que influye en la variación del pH seminal es la temperatura de almacenamiento. Paulez et al (2000) demostró que el pH de un eyaculado recién colectado es de 7,21; cuando este eyaculado se mantuvo en almacenamiento por 96 horas a 25 °C y 20°C el valor del pH disminuyó a 6,69 y 7,06, respectivamente y; se incrementó de manera gradual a medida que disminuía la temperatura de almacenamiento, a 7,25 cuando se almacenó a 15°C, y alcanzó 7,29 cuando se mantuvo a 10°C.

Motilidad espermática: La evaluación de este parámetro determina la proporción de espermatozoides móviles y de movimiento progresivo. La movilidad individual es una de las características más indicadoras de la capacidad fecundante *in vivo* de una muestra de semen y se correlaciona positivamente con la fertilidad en porcinos (Tardif, 1999).

La motilidad y viabilidad de los espermatozoides depende de una secreción equilibrada y proporcional de la vesícula seminal y próstata. Los fluidos de la vesícula seminal contienen factores que tienen un efecto negativo sobre la motilidad espermática. Mientras, que la secreción de la próstata contiene factores que estimulan la motilidad y al entrar en contacto con los espermatozoides lo protegen de los efectos negativos de la secreción de la vesícula seminal (Mortimer, 2000).

El movimiento normal de los espermatozoides es rectilíneo, en una sola dirección, progresivo y con movimientos rápidos de la cola. Los eyaculados con estas características son los más fértiles y para ser considerados de calidad, el 80% de los espermatozoides deben tener un movimiento progresivo (Frunza, 2008). Los espermatozoides presentan también movimientos anormales, de rotación, vibración y retroceso (Vyt, 2007), la observación de estas anomalías se relacionan con una menor fertilidad (Broeckhuijsen et al 2012).

Los espermatozoides con movimiento normal tienen diferentes velocidades, que depende del valor biológico del semen, temperatura, duración de almacenamiento y de la secreción útero vaginal de las marranas en celo; todas estas características se pueden evaluar utilizando diferentes métodos y técnicas (Vyt, 2007).

Existen varios métodos para la evaluación de la motilidad espermática. Los principales son el análisis fotoeléctrico, electrónico y computarizado. Estos métodos, permiten una evaluación más precisa de la movilidad, trayectoria, velocidad y tipo del movimiento de los espermatozoides. Otro método factible de usar para evaluar la motilidad es el test del moco cervical (Broeckhuijsen et al, 2012)

El método CASA evalúa los diversos parámetros de motilidad espermática como: Movilidad total, movilidad progresiva, Patrón de velocidad promedio, velocidad lineal recta, velocidad curvilínea, entre otros. Los resultados obtenidos utilizando CASA no siempre se relacionan con los hallados con otros métodos, principalmente cuando se compara con los no computarizados (Broekhuijse et al., 2012)

El método CASA es objetivo y sus resultados son buenos indicadores de la fertilidad del verraco, facilitando la selección del eyaculado, tal como lo demostró Broeckhuijse et al, (2012), quienes evaluaron los parámetros de motilidad de semen de verracos mediante CASA y lo relacionaron con la (TF) y (LNV) de las marranas inseminadas con semen de dichos verracos, encontraron una relación significativa ($p < 0,05$) de la motilidad progresiva, velocidad curvilínea y frecuencia de batido de la cola sobre la TF de las marranas; mientras que la motilidad total, velocidad lineal recta, patrón de velocidad promedio y, la amplitud del desplazamiento lateral de la cabeza influyó sobre los LNV.

En la actualidad, La fertilización “in vitro”, contribuye con los métodos indicados para evaluar mejor la capacidad fecundante del eyaculado de los reproductores (Vyt, 2007).

Concentración espermática: El eyaculado del verraco se caracteriza por tener baja concentración, que excepcionalmente no pasa de los 500,000 espermatozoides / mm^3 de semen. Esta característica es indicador de una buena capacidad productora de gametos en los túbulos seminíferos y aunque no está relacionada directamente con la fertilidad, afecta la tasa de dilución seminal y el número de dosis procesables de un eyaculado (Tardif, 1999).

La concentración espermática es una característica muy variable entre individuos (Singleton and Shelby, 1972). Está relacionada con la edad (Rodríguez y Wallgren, 2000), el ambiente social, la estación (Trudeau and Sanford, 1986). La raza es otro factor que influye en el número de espermatozoides del eyaculado, como lo demostró Arias et al (2000), quienes encontraron en una evaluación realizada en verracos de razas comerciales en Cuba, concentraciones espermáticas en rango que osciló entre 261,000 a 328,000 espermatozoides/ mm^3 .

La variación en la concentración espermática entre eyaculados de un mismo reproductor y entre eyaculados de diferentes reproductores puede en algunos casos, deberse a la técnica empleada para la evaluación (Broekhuijse et al., 2012).

Morfología: Las anomalías espermáticas son consecuencia de patologías genitales en los verracos. Los resultados de las pruebas para determinar estas anomalías no muestran relación con la fertilidad pero permiten identificar reproductores con semen de baja calidad, que luego se podrían descartar como donantes en programas de inseminación artificial (Rodríguez-Martínez and Eriksson, 2000).

El examen microscópico del semen se usa para detectar anomalías morfológicas y evaluar la integridad de la membrana celular y la del acrosoma. Las anomalías morfológicas se consideran primarias, cuando está comprometido la cabeza del espermatozoide y la función de las mitocondrias, que son importantes para el movimiento de los flagelos. Las anomalías secundarias, como la gota citoplasmática distal o proximal y anomalías en la cola, no son determinantes y el daño se puede compensar con una mayor

dosis seminal. Las anomalías terciarias son aquellas adquiridas durante el procesamiento del semen, la más común en este grupo es la "cola enrollada" (Vyt, 2007).

El porcentaje máximo de anomalías primarias y secundarias permitido es de 10 y 20%, respectivamente. El porcentaje de espermatozoides normales debe estar por encima del 70% (Vyt, 2007).

El método de rutina usado para realizar el examen morfológico de los espermatozoides es la tinción Eosina-Nigrosina. Esta técnica además, permite distinguir los espermatozoides vivos de los muertos. Otro método es el CASA que tiene el programa ASMA (Automated Sperm Morphology Analysis System) para evaluar anomalías de cabeza, tiene la desventaja de necesitar mucho tiempo para entregar los resultados; por esta razón, su uso no está muy difundido en los centros de Inseminación porcina.

El método de evaluación para detectar anomalías en los espermatozoides influye en la respuesta obtenida. Henao et al, (2004), reportaron 22% de espermatozoides anormales, en un estudio de calidad seminal, que superaron en un 7% a los obtenidos por Rodríguez and Wallgren (2000) y por Rodríguez-Martínez y Eriksson (2000) para semen de alta calidad. Los autores utilizaron el método de valoración de la morfología espermática por cuantificación de los defectos específicos sugerido por Barth and Oko (1989). Este criterio de evaluación detecta anomalías morfológicas no consideradas en otras metodologías, lo cual explica el mayor porcentaje de anomalías detectadas con respecto a las de otros estudios.

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

Henao et al (2004), reportaron que la gota citoplasmática distal, constituyó la anomalía más frecuentemente encontrada, aunque su incidencia fue moderada. Esta anomalía es indicadora de inmadurez espermática (Larsen et al, 1980). Sin embargo, diversas investigaciones reportan a las inserciones abaxiales del flagelo como la anomalía más frecuentemente hallada en espermatozoides porcinos (Serrano *et al.*, 1996; Thilander et al, 1985).

El método de tinción utilizado para evaluar anomalías espermáticas no tiene influencia determinante en los resultados. Oberlender et al (2012), al comparar dos métodos de evaluación de la morfología del semen porcino, no encontraron mayores diferencias ($p > 0.05$) entre la solución formaldehido-citrato 2,94% y el colorante Rosa de bengala. Sin embargo, con éste último obtuvieron mayores defectos de cola ($p < 0.05$) en comparación con el otro método. Concluyen que el método Rosa de Bengala es un método eficaz para la evaluación morfológica del semen porcino, pero es importante tomar cuidados,

especialmente en la preparación del frotis, para que no ocurran cambios en los resultados, principalmente en la cola.

Integridad del acrosoma: 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 and Eriksson, 2000). La membrana acrosómica se puede deteriorar por muchas causas ambientales o genéticas que dañan su integridad y alteran su funcionalidad (Barth and Oko, 1989).

La integridad del acrosoma se evalúa con el microscopio en base a su apariencia. También se puede realizar una evaluación de contraste de fases con espermatozoides fijados ó con métodos de tinción como el PSA-FITC(Vyt, 2007)

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). La evaluación de la resistencia osmótica, junto con la morfología espermática e integridad del acrosoma, constituyen las principales pruebas para evaluar la habilidad fecundante de los espermatozoides (Yeste et al, 2010).

Para la evaluación de la integridad de la membrana celular se utiliza las tinciones fluorescentes que pueden combinarse con la Citometría de Flujo, este procedimiento no es muy utilizado, por su complejidad. Otro método de evaluación es el test de resistencia osmótica, que mide la resistencia de las células espermáticas cuando son expuestos a un medio hipoosmótico; el porcentaje de células reactivas al test hipoosmótico debe ser 70%. Existen nuevos métodos avanzados, como el contador de células CASY I que mide el volumen celular mediante cambios en el voltaje cuando las células pasan a través de un poro por capilaridad (Vyt, 2007)

Henao et al, (2004), hallaron el 75,7% de espermatozoides reactivos a la prueba hipoosmótica. Este resultado presento 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.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arias, D.F. 2000. El cerdo Sinda colombiano. In: V Congreso Iberoamericano de Razas Autóctonas y Criollas. La Habana, p 267

Barth, A. D. & Oko, R. J. (1989). Abnormal morphology of bovine spermatozoa. Iowa University Press, 1989. 285 p.

Broekhuijse M, Šoštarić E, Feitsma H, and Gadella B. (2012). The value of microscopic semen motility assessment at collection for a commercial artificial

insemination center, a retrospective study on factors explaining variation in pig fertility. *Theriogenology* 77(7):1466-1479

Cameron, R. D. & Vickers A. (1986). Semen characteristics of young boars collected from three times weekly within a period of less than 48 hours. IX Congr. Intern. *Pig Vet. Soc.* 1 :71.

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

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

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

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

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.*

Frunza I, Cernescu H, Korodi G. (2008). Physical and Chemical parameters of boar sperm. *Lucrari Stiintifice Medicina Veterinaria Vol. XLI, Timisoara*

Henao G, Trujillo E, Buriticá M, Sierra C, Correa G y González O. (2004). Efecto del clima sobre las características seminales de porcinos en una zona de bosque húmedo tropical. *Rev. Fac. Nac. Agr. Medellín vol.57 no.2 Medellín July/Dec.*

Hung Huang Y, Ling Lo L, Hwa Liu S and Shuh Yang T. (2010). Age-related changes in semen quality characteristics and expectations of reproductive longevity in Duroc boars. *Animal Science Journal. Vol. 81 (4): 432-437.*

Kolenbrander & Kemp, B. (1990). Factors influencing semen quality in pigs. *En: Journal of Reproduction and Fertility. Suppl. 40; p. 105-115.*

King, G.J. & Macpherson, J.W. (2005). Alkaline and Acid Phosphatase Activity, pH and Osmotic Pressure of Boar Semen, 2005, *Can. J. Comp. Med. Vet. Sci.*, 30: 304-307

Köning, I. (1979). Inseminación de la cerda. Zaragoza: Acribia, 181 p.

Larsen, R. E.; Crab, B. and Leman, A. D. (1980). 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). Simposia (free communications). Madrid: The Congress, v.3, p.274.*

Mazzarri G, Fuentes A y Valle A. (1986). Frecuencia de recolección de semen en verracos y su relación con la fertilidad. *Zootecnia trop.*, 4(1 y 2):79-88.

Montserrat Rivera M, Quintero-Moreno A, Barrera X, M. Palomo J, Rigau T, Rodríguez-Gil J. (2005). Natural Mediterranean photoperiod does not affect the main parameters of boar-semen quality analysis. *Theriogenology*, vol.64(4):934-946.

Marchesi M & Cesarini F. (2012). Effect of nutrition on boar semen quality. *IPVS*

Mortimer S. T. (2000). CASA practical aspects, *Journal of Andrology*, 21:515 - 524;

Oberlender G, Murgas L, Zangeronimo M, Silva A, Pereira L, Muzzi R. (2012). Comparación de dos diferentes metodologías de evaluación de la morfología del semen porcino. *Archivos de Medicina Veterinaria*; 44(2):201-205.

Paulez, H., Kommisrud, E., Hofmo, P. O. (2000). Effect of long-term storage at different temperatures on the quality of liquid boar semen, *Reproduction in domestic animals*, 35: 83-89;

Pruneda A, Pinart E, Dolors M, Sílvia B, Garcia-Gil N, Badia E. (2005). Effects of a high semen-collection frequency on the quality of sperm from ejaculates and from six epididymal regions in boars. *Theriogenology*, vol 63(8):2219-2232

Ramírez, A.; Aguilar, S.; Córdova A.; Méndez, M. (2000). Evaluación y producción de semen de cerdo Pelón mexicano. Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. ale57@prodigy.net.mx

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

Rodriguez-Martinez, H. & Ericsson, B. (2000). 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*; p. 11-33.

Rueda M, Arias T, Caballero N, Tosar M y Acosta M. (2006). Análisis de la calidad espermática de sementales porcinos en dos tipos de porcicultura cubana. *Revista computarizada de producción porcina*, Vol. 13(1).

Sancho S, Pinart E, Briz M, Garcia-Gil N, Badia E, Bassols J, Kádár E. (2004). Semen quality of postpubertal boars during increasing and decreasing natural photoperiods; *Theriogenology*, Vol 62(7):1271-1282

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

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

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

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

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

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

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

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

Yeste M, Briz M, Pinart E, Sancho S, Bussalleu E, Bonet S. (2010). The osmotic tolerance of boar spermatozoa and its usefulness as sperm quality parameter. *Animal Reproduction Science*, Vol. 119(3-4):265-274.

Vyt P. (2007). Examination and storage of liquid porcine semen. Thesis to obtain the academic degree of Doctor of Veterinary Science (PhD). Faculty of Veterinary Medicine, Ghent University.