

La selección de sementales bovinos en Cuba. 3. Calidad de la producción seminal en futuros sementales Holstein, relación con el desarrollo testicular - The bovine sires selection in Cuba. 3. Quality of the seminal production, relationship whit the testicular development in Holstein future sires

Dr. Tamayo Torres, Manuel

Profesor de Andrología y Biotecnología de la Reproducción Animal. Departamento de Clínica, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Agraria de La Habana. Autopista Nacional Km 23^{1/2}, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. E-mail: Manuelt@isch.edu.cu

Resumen

Con el objetivo de evaluar la calidad seminal y su relación con el desarrollo testicular en futuros sementales (FS) Holstein para su empleo en la selección como reproductores de los centros de inseminación artificial de Cuba; de 390 FS investigados, se evaluaron 120 de 8 a 12 meses de edad para este trabajo. Los animales se sometieron a un régimen de estabulación permanente en la estación genética de cría y selección. El sistema de alimentación empleado fue controlado individualmente mediante el consumo de la ración de acuerdo con la edad del animal. Las medidas biométricas fueron el índice de volumen testicular y la circunferencia escrotal. Se realizaron extracciones de semen semanalmente desde los 8 a los 12 meses de edad mediante vagina artificial. La evaluación seminal incluyó análisis macroscópicos y microscópicos de los eyaculados. Para el procesamiento estadísticos de los datos se empleó un Modelo Lineal General del SAS, controlando las variables investigadas y los efectos edad del FS, época del año y efecto individual; se efectuaron análisis de varianza, correlación y regresión. El volumen seminal se incrementó de $2,4 \pm 1,2$ a $3,6 \pm 1,1$ mL, la motilidad de $16,5 \pm 10,3$ a $64,0 \pm 16,9\%$, la concentración de $68,7 \pm 32,1$ a $701,5 \pm 243,0 \times 10^6$ Spz/mL y las anomalías morfológicas disminuyeron de $40,5 \pm 10,3$ a $18,4 \pm 6,1\%$. Se concluye que la calidad seminal se incrementa influenciada por el aumento de edad de los FS con efecto significativo individual, resulta más favorable la época poco lluviosa en Cuba noviembre-abril y existen valores de correlación medios-altos entre la calidad seminal y el desarrollo testicular.

Palabras claves: Calidad seminal | circunferencia escrotal | futuros sementales | Holstein

Abstract

One hundred twenty Holstein future sires selected from a total of 390 bulls ranged from 8 to 12 months of age were evaluated in Havana in this research. The animals were kept under a permanent housing system in the genetic station for breeding and selection. The feeding system employed was controlled. Biometric testicular traits were: index of testicular volume and scrotal circumference. Semen was collected weekly by artificial vagina since 8 to 12 months of age. The seminal evaluation including: macroscopic and microscopic analysis of the ejaculate. To process the data a General Lineal Model from SAS was employed, controlling the effects of age of the future sire, season of year, and individual effect over all the evaluated variables. Variance, correlation and regression analyses were made over the testicular and seminal variables. The seminal volume increased from $2,4 \pm 1,2$ to $3,6 \pm 1,1$ mL, the motility from $16,5 \pm 10,3$ to $64,0 \pm 16,9\%$, the concentration from $68,7 \pm 32,1$ to $701,5 \pm 243,0 \times 10^6$ Spz/mL, and the abnormal sperm morphology decreased from $40,5 \pm 10,3$ to $18,4 \pm 6,1\%$. In conclusion, the seminal quality improve influenced by the increase of the age of the future sire with significant individual effect, is more favorable the little rainy season in Cuba from November-April, and exist mean-high values of correlation into seminal quality and testicular development.

Keywords: Future sires | Holstein | seminal quality | scrotal circumference

INTRODUCCIÓN

La técnica más importante en la reproducción asistida, la cual ha producido un cambio significativo en los niveles de eficiencia, ha sido la inseminación artificial (IA). La IA es la tecnología que más ha revolucionado la producción animal; entre sus ventajas se confirma que con un número muy reducido de toros se insemina a una cantidad elevadísima de vacas, pues con un eyaculado de 6 000 millones de espermatozoides se pueden inseminar 300 hembras bovinas. Pero ese alto impacto del toro en los resultados reproductivos y productivos de nuestros rebaños, tiene como premisa la intensidad de selección del semental sobre la base de su superioridad genética [22].

En la IA para la mejora genética de los animales de interés zootécnico, los fallos en la selección de los sementales tendrán como consecuencia importantes pérdidas económicas. Así, el conocimiento de la capacidad fecundante de cada toro se convierte en uno de los principales objetivos en la producción de semen bovino ^[16].

La evaluación de la calidad del semen debe ser el fundamento básico para conocer la capacidad potencial del toro reproductor; ese análisis nos posibilita no sólo el examen de las características seminales sujetas a la influencia de diversos factores, sino también poseer una expresión más exacta de la fisiología o alteraciones del aparato reproductor masculino, particularmente en el proceso de la espermatogénesis ^[33]. Así Ruedas et al. ^[30] enfatizan la importancia de la calidad seminal en diferentes razas bovinas.

La nutrición, temperaturas ambientales extremas y las enfermedades pueden reducir la calidad seminal, aunque esta puede variar con el tiempo. En la motilidad es fundamental el porcentaje de espermatozoides con movimiento rectilíneo progresivo, mientras que en la morfología se tiene en cuenta aquellos espermatozoides que poseen forma y estructura normales y los que presentan anomalías primarias y secundarias. La selección de toros con más del 80% de espermatozoides normales puede aumentar las tasas de preñez del rebaño ^[25].

El examen andrológico del semental se realiza con el propósito de detectar problemas reproductivos, observar las cualidades físicas del eyaculado e identificar la cantidad de anomalías presentes; en el análisis del semen se valoran las características físicas, motilidad y conteo del número de células espermáticas en cámara de Neubauer, luego se realiza una tinción para determinar las anomalías morfológicas presentes en dichas células ^[24]. Este examen le permite al ganadero conocer el estado reproductivo real de sus toros.

En los futuros sementales (FS) de IA siempre es conveniente la caracterización de las variables espermáticas en cada uno de los meses de edad a partir del arribo a la pubertad, pues ello permitirá establecer los indicadores de normalidad, hacer un pronóstico de los FS que no tienen aptitudes como reproductores e incluir estos indicadores dentro de los parámetros para la selección ^[33].

En la calidad seminal se debe analizar la concentración, motilidad, características físicas, forma de los espermatozoides y el porcentaje vivo y muerto. La calidad seminal es uno de los análisis más empleados en la clasificación de los machos para el servicio de IA, gracias a lo cual se puede conformar una opinión del potencial de fertilidad del toro en ese momento. Existe una correlación directa entre el valor fecundante de los espermatozoides considerados

normales y la morfología de los mismos, lo cual permite destacar la importancia del espermiograma ^[12].

Muchos investigadores están tratando de diseñar el "análisis seminal ideal", que valore y prediga la fertilidad en una muestra de semen. El análisis espermático ideal sería aquel que de forma sencilla y eficaz permita predecir la capacidad fecundante de un eyaculado, pero no se ha conseguido un método de evaluación seminal in vitro que sea capaz de predecir de forma segura la capacidad fecundante. Sin embargo, la valoración in vitro de la calidad del semen es muy importante en la valoración andrológica de los sementales ^[16].

Duarte ^[11] explica la importancia de los Programas de Mejoramiento Animal utilizando el procedimiento de evaluación del Modelo Animal para resumir toda la información de producción disponible del mejoramiento de hatos lecheros, como método reconocido de evaluar toros en su habilidad predicha de transmisión (PTA).

En macho Holstein joven se puede combinar la información promedio de padres del animal, con la información de pruebas de marcador ADN simultáneamente (Bovine SNP 50 BeadChip) para obtener un promedio de las habilidades de transmisión - PTA genómico - con una confiabilidad de 60-70%, lo cual es mejor que la confiabilidad por el promedio de padres (30-40%). Para un ternero, la confiabilidad de su PTA genómico es el equivalente al que se obtendría midiendo el desempeño de aproximadamente una docena de sus hijas ^[42].

El **objetivo** de esta investigación fue evaluar las variables de la calidad seminal y su relación con el desarrollo testicular en futuros sementales Holstein para su empleo en la selección como reproductores de los centros de inseminación artificial de Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características de los animales, manejo y alimentación

En La Habana, se evaluaron en este trabajo 120 futuros sementales (FS) Holstein para IA de 8 a 12 meses de edad, pertenecientes a un centro genético de cría y selección de sementales (toril). Estos animales permanecieron en los toriles sometidos a un régimen de estabulación permanente en boxes individuales con cama de aserrín, desde los 11 días de nacidos hasta los 12 meses de edad, y el sistema de alimentación se realizó sobre la base de dos dosis diarias con 7 litros de leche hasta los 7 meses de edad; alimentos concentrados desde 0,9 hasta 7,3 kg/animal/día; forraje desde 1,1 Kg hasta 20 kg/animal/día y heno desde 0,8 hasta 7,0 kg/animal/día, incrementándose en todos los casos progresivamente con el aumento de edad hasta los 12 meses.

Variables investigadas y metodología

El largo, ancho y grueso testicular se obtuvieron con el testímetro o pie de Rey, y sus valores se utilizaron para calcular el índice de volumen testicular (IVT).

La circunferencia escrotal (CE) – se midió colocando la cinta métrica en la anchura máxima de ambos testículo, determinando su perímetro.

Previo entrenamiento de los FS, se estableció un programa de extracción de semen semanalmente desde los 8 a los 12 meses de edad, mediante el empleo de la vagina artificial. Los eyaculados colectados fueron analizados en un pequeño laboratorio instalado en la propia empresa genética promotora de sementales y en el Laboratorio de Bioquímica y Andrología del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA).

Los análisis de las variables de la calidad espermática de los FS fueron: volumen del eyaculado, medido en el propio colector graduado en mL; motilidad masal y densidad subjetiva, por la técnica de la gota colgante; concentración por valoración en cámara de Neubauer (hemocitómetro); porcentaje de espermatozoides vivos, mediante el método de Blom y análisis morfológico o espermiograma utilizando la tinción de Giemsa para observar las patologías espermáticas totales, por segmentos de los espermatozoides y las gotas citoplasmáticas (gotas).

Modelo matemático

Los análisis de las variables espermáticas y los efectos evaluados se realizaron mediante un Modelo Lineal General (MLG), aplicando el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijkl} = m + E_i + P_j + S_k + e_{ijkl}; \text{ donde:}$$

Y_{ijkl} = Observación correspondiente a las variables seminales.

m = Media general.

E_i = Efecto de la edad del FS a la evaluación seminal ($i= 8...12$ meses)

P_j = Efecto de la época en que se realizó la evaluación espermática ($j= 1...2$). Época 1: seca o poco lluviosa de noviembre-abril y época 2: lluviosa de mayo-octubre.

S_k = Efecto individual ($k= 1...120$)

e_{ijkl} = Efecto del error aleatorio.

Análisis estadísticos

Los datos se procesaron por el SAS [32] con un MLG, se efectuaron análisis de varianza (ANOVA), se realizaron análisis de correlación entre las variables volumen, motilidad, densidad, concentración, vivos, patologías espermáticas y gotas citoplasmáticas y entre estas, el IVT y la CE a los 9 y 12 meses de edad. Y se hicieron análisis de regresión entre las patologías totales a los 12 meses de edad en función de los valores alcanzados a los 9 meses.

RESULTADOS

El IVT mantuvo un incremento progresivo acorde con la edad, sin diferencia significativa entre el testículo izquierdo y derecho. Las cifras oscilaron entre $145,5 \pm 27,0 \text{ cm}^3$ a los 8 meses y $357,0 \pm 50,3 \text{ cm}^3$ a los 12 meses de edad.

En la Figura 1 se puede observar los valores de la CE, donde se produjo un incremento lineal ($R^2 = 0,98$; $p < 0,001$) en función de la edad, con valores de $23,8 \pm 2,8$ a $32,4 \pm 1,6 \text{ cm}$.

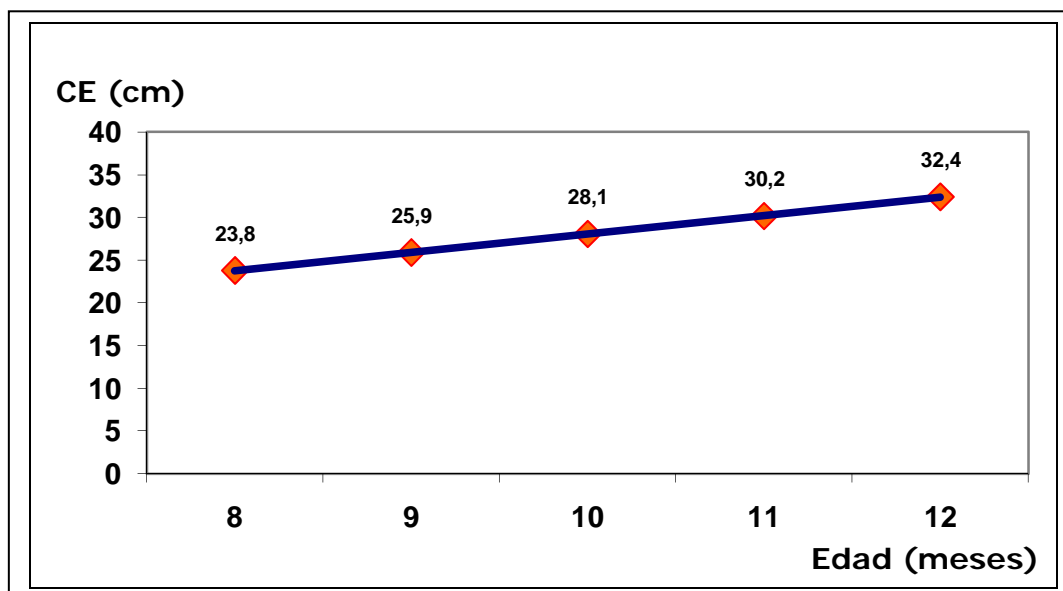


Figura 1. Relación de la circunferencia escrotal con la edad

En las figuras 2 a 5 y las tablas 2 a 4 se muestran los resultados de las variables seminales de los futuros sementales (FS) por edad y épocas del año.

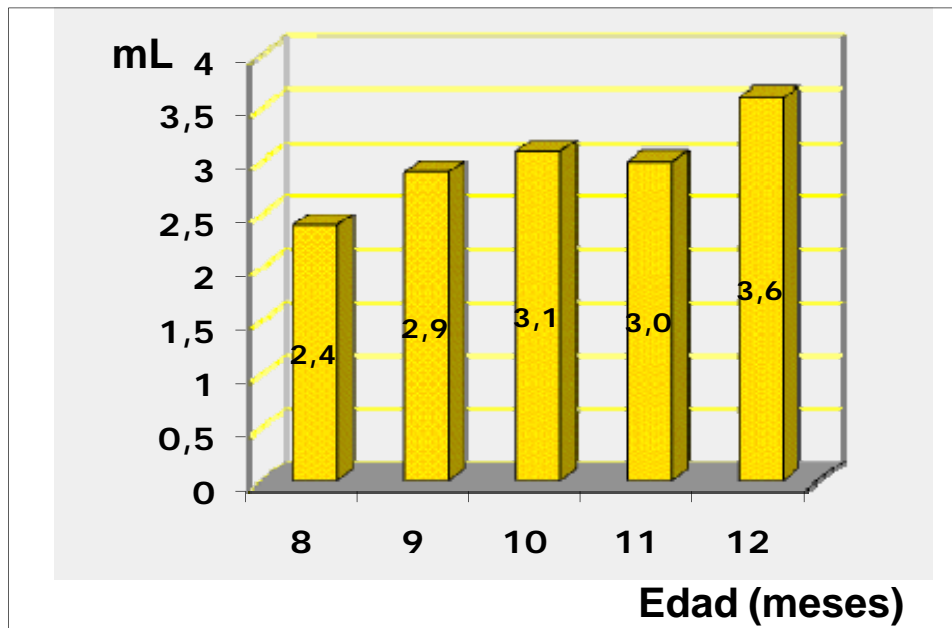


Figura 2. Volumen seminal en futuros sementales

La Mot fue influenciada ($p < 0,01$) por los efectos de la edad del FS y las épocas del año (Figura 3 y tablas 2-4). Esta variable se incrementó de $16,5 \pm 10,3$ a $64,0 \pm 16,9\%$ entre los 8 y 12 meses de edad, con resultados más favorables en el período seco de noviembre-abril.

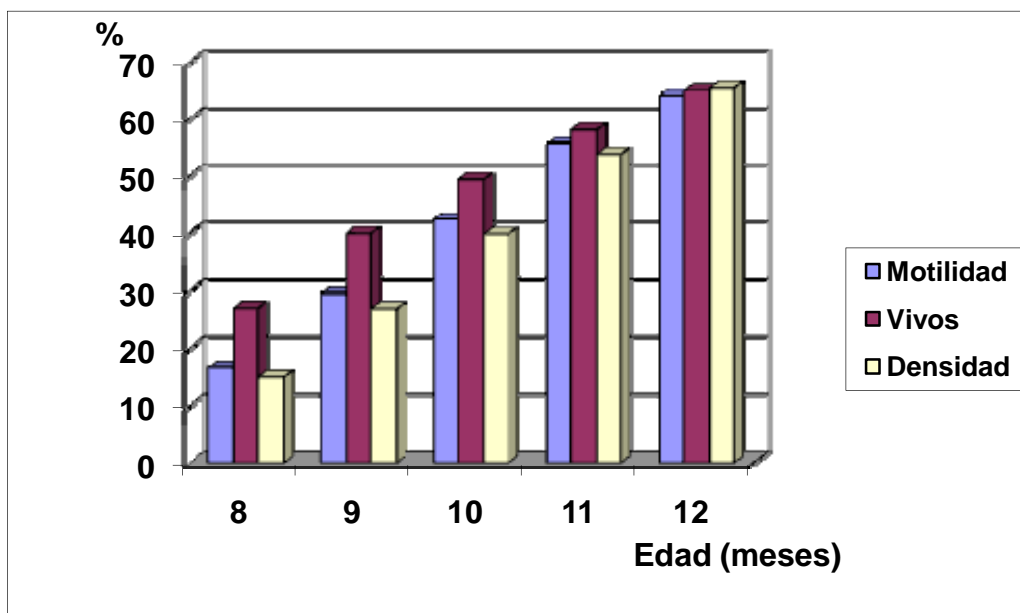


Figura 3. Motilidad, vivos y densidad espermática

Los espermatozoides vivos oscilaron entre $27,0 \pm 11,6$ y $64,8 \pm 12,7\%$; mientras los valores de la Dens aumentaron de $14,8 \pm 9,9$ a $65,3 \pm 17,1$ entre los 8 y 12 meses de edad (Figura 3), influenciadas ($p < 0,01$) por las épocas del año (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados medios y por épocas del año de la calidad seminal en futuros sementales

Época	Volumen	Motilidad	Densidad	Vivos	Concentración	Patologías	Gotas
Lluvia	3,1±1,2 ^a	44,0±17,3 ^a	40,6±18,0 ^a	50,8±16,4 ^a	333,0±106,1 ^a	25,7±10,4 ^a	11,0±5,1 ^a
Seca	3,2±1,0 ^a	50,6±15,5 ^b	50,6±14,5 ^b	54,6±15,0 ^b	471,9±103,3 ^b	24,5±8,9 ^b	10,2±4,1 ^a
$\bar{X} \pm DE$	3,2±1,0	47,3±16,6	45,6±16,1	52,7±15,4	403,5±96,0	25,1±9,7	10,6±4,5

Letras distintas en la misma columna difieren entre sí $p < 0,01$

Los valores de la Conc se incrementaron de $68,7 \pm 32,1$ a $701,5 \pm 243,0 \times 10^6$ Spz/mL entre los 8 y 12 meses de edad (Figura 4), afectados por la edad y épocas del año ($p < 0,01$).

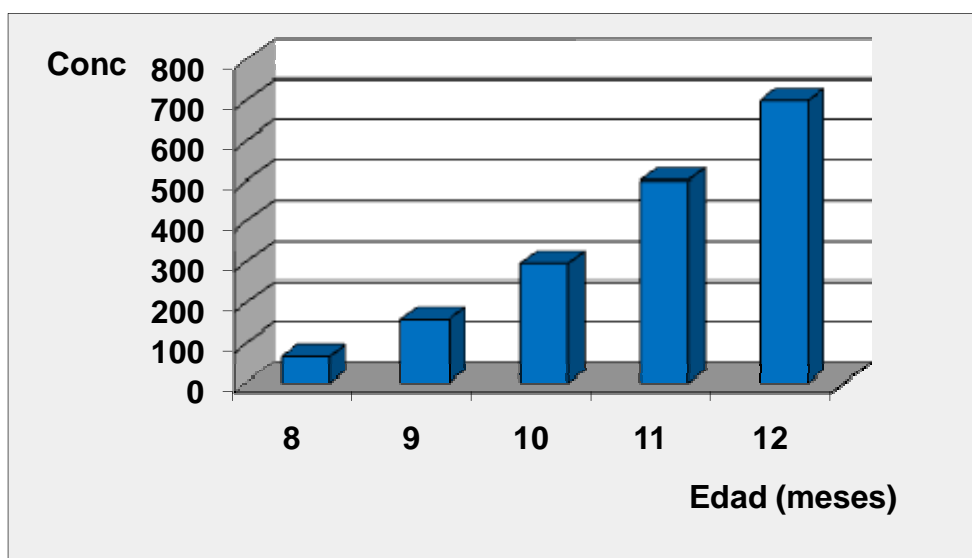


Figura 4. Concentración espermática en futuros sementales

Tabla 2. Anomalías morfológicas espermáticas de los toros

Edad (Meses)	Totales (%)	Cabeza (%)	Cuello (%)	P. Interm. (%)	Cola (%)
8	40,5±10,3 ^a	7,2±3,0 ^a	11,2±7,2 ^a	11,8±6,9 ^a	10,3±5,1 ^a
9	31,3±11,9 ^b	6,6±2,7 ^a	7,6±4,4 ^b	8,6±3,5 ^b	8,5±4,4 ^b
10	27,9±11,5 ^c	5,0±2,2 ^b	5,7±2,8 ^c	8,1±3,2 ^b	9,1±4,2 ^b
11	23,0±8,4 ^d	5,9±2,3 ^b	3,5±1,8 ^d	5,4±2,3 ^c	7,7±3,3 ^c
12	18,4±6,1 ^e	5,1±1,8 ^b	2,4±1,7 ^e	4,5±2,0 ^d	6,4±2,5 ^d

Letras distintas en la misma columna difieren entre sí $p < 0,001$

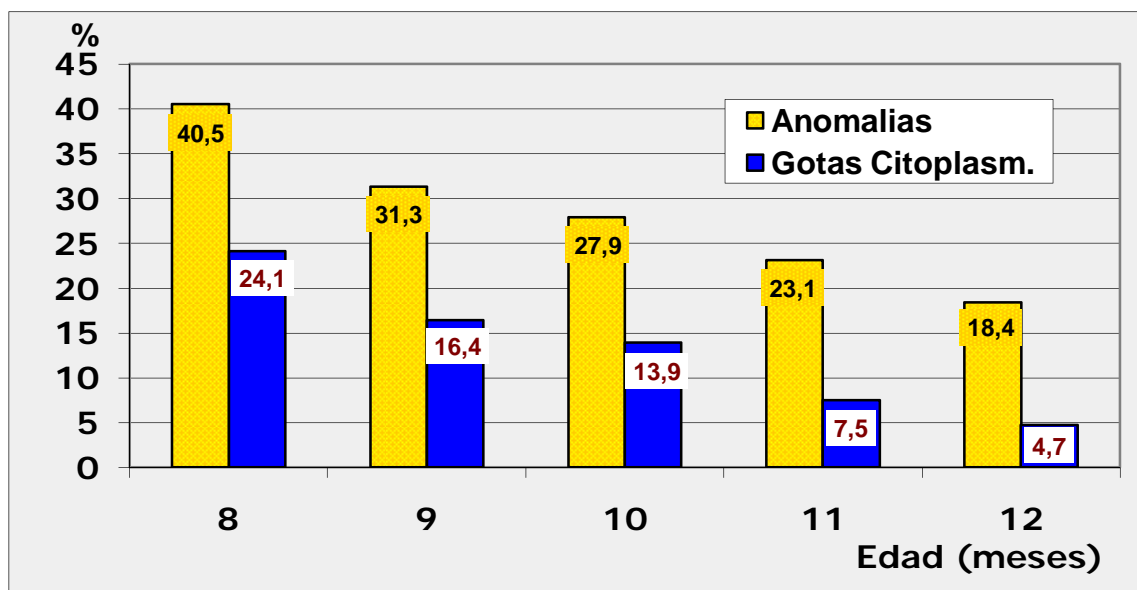


Figura 5. Anomalías morfológicas totales y gotas

El espermiograma refleja una disminución de las anomalías morfológicas espermáticas (Tabla 2 y Figura 5) de $40,5 \pm 10,3$ a $18,4 \pm 6,1\%$ entre el octavo y duodécimo mes de edad de los FS, influenciadas por la edad y épocas del año ($p < 0,01$). Las gotas citoplasmáticas disminuyeron de $24,1 \pm 7,7$ a $4,7 \pm 2,5\%$.

En las tablas 3-6 aparecen los coeficientes de correlación entre las variables de la calidad espermática a los 9 y 12 meses de edad. Estas estuvieron significativamente relacionadas. Los coeficientes de las variables fisiológicas oscilaron entre 0,61 y 0,92 y entre estas y las patologías totales fueron de -0,47 a -0,71.

Tabla 3. Correlaciones entre las variables seminales a los 9 meses de edad en la época de lluvia

Variables	Motilidad	Densidad	Concent.	Vivos	Patologías	Gotas
Volumen	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Motilidad		0,75 ^b	0,66 ^b	0,86 ^b	-0,54 ^b	-0,43 ^a
Densidad			0,93 ^b	0,84 ^b	-0,59 ^b	-0,51 ^b
Concentración				0,71 ^b	-0,54 ^b	-0,42 ^a
Vivos					-0,67 ^b	-0,60 ^b
Patologías						0,86 ^b

a ($p < 0,01$) b ($p < 0,001$)

Tabla 4. Correlaciones entre las variables seminales a los 9 meses de edad en la época de seca

Variables	Motilidad	Densidad	Concent.	Vivos	Patologías	Gotas
Volumen	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Motilidad		0,72 ^b	0,72 ^b	0,91 ^b	-0,65 ^b	-0,67 ^b
Densidad			0,92 ^b	0,64 ^b	-0,53 ^a	-0,56 ^b
Concent.				0,69 ^b	-0,51 ^a	-0,51 ^a
Vivos					-0,63 ^b	-0,62 ^b
Patologías						0,87 ^b

a (p<0,01) b (p<0,001)

Tabla 5. Correlaciones entre las variables seminales a los 12 meses de edad en la época de lluvia

Variables	Motilidad	Densidad	Concent.	Vivos	Patologías	Gotas
Volumen	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Motilidad	-	0,88 ^b	0,83 ^b	0,92 ^b	-0,71 ^b	-0,64 ^b
Densidad		-	0,93 ^b	0,79 ^b	-0,69 ^b	-0,60 ^b
Concent.			-	0,75 ^b	-0,66 ^b	-0,55 ^b
Vivos				-	-0,59 ^b	-0,57 ^b
Patologías					-	0,79 ^b

a (p<0,01) b (p<0,001)

Tabla 6. Correlaciones entre las variables seminales a los 12 meses de edad en la época de seca

Variables	Motilidad	Densidad	Concent.	Vivos	Patologías	Gotas
Volumen	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Motilidad	-	0,82 ^b	0,71 ^b	0,75 ^b	-0,58 ^b	-0,47 ^a
Densidad		-	0,88 ^b	0,61 ^b	-0,54 ^a	-0,42 ^a
Concent.			-	0,58 ^b	-0,62 ^b	-0,38 ^a
Vivos				-	-0,47 ^a	-0,40 ^a
Patologías					-	0,78 ^b

En el análisis de regresión de las alteraciones espermáticas a los 12 meses de edad en función de los resultados de los 9 meses, el coeficiente de determinación fue de $R^2=0,82$ ($p<0,001$).

Las relaciones entre las variables del semen con el IVT y la CE a los 9 y 12 meses de edad se aprecian en la Tabla 7. Tanto el IVT como la CE mantienen una correlación significativa con la calidad del semen en ambas épocas, con valores de coeficientes de 0,37 a 0,63. Las Variables del desarrollo testicular se relacionaron negativamente con las patologías espermáticas.

Tabla 7. Correlaciones entre las variables espermáticas y testiculares a los 9 y 12 meses de edad por épocas

Época	Edad (mes)	Variables						
			Vol	Mot	Dens	Conc	Vivos	Pat
Lluvia	9	IVT	NS	0,48 ^a	0,54 ^b	0,54 ^b	0,60 ^b	-0,37 ^a
		CE	NS	0,38 ^a	0,42 ^a	0,44 ^a	0,57 ^b	-0,36 ^a
	12	IVT	0,35 ^a	0,52 ^b	0,61 ^c	0,58 ^c	0,63 ^c	-0,66 ^c
		CE	0,39 ^a	0,54 ^b	0,63 ^c	0,56 ^c	0,60 ^c	-0,67 ^c
Seca	9	IVT	NS	0,41 ^a	0,40 ^a	0,41 ^a	0,55 ^b	-0,48 ^a
		CE	NS	0,37 ^a	0,36 ^a	0,38 ^a	0,43 ^a	-0,39 ^a
	12	IVT	0,38 ^a	0,54 ^b	0,59 ^c	0,60 ^c	0,65 ^c	-0,71 ^c
		CE	0,43 ^a	0,55 ^b	0,61 ^c	0,51 ^b	0,60 ^c	-0,69 ^c

NS (No significativa) a ($P<0,05$) b ($P<0,01$) c ($P<0,001$)

DISCUSIÓN

Los resultados del peso vivo de los FS, las medidas corporales y testiculares fueron publicados previamente por el autor [34, 35]. En relación con el desarrollo testicular evaluado en esta investigación, tanto el IVT como la CE mantuvieron una dinámica progresivamente ascendente en correspondencia con la edad. El análisis de regresión de la CE en función de la edad reveló un crecimiento lineal ($R^2 = 0,98$; $p<0,001$), el cual se clasificó como satisfactorio como criterio de selección de los FS a los 12 meses de edad ($32,4 \pm 1,6$ cm).

Yáñez-Cuéllar et al. [41] explican que es posible tener un conocimiento aproximado de la concentración espermática y la calidad seminal futuras de animales jóvenes con el uso de información fácil de obtener como es la CE relacionada con la edad y el peso corporal, que si bien por si solas no constituyen una opción de selección, al menos aportan información valiosa que puede contribuir a fundamentar una

toma de decisión. La calidad seminal está relacionada con la CE, de ahí que esta variable debe ser considerada en programas de selección de toretes sobre la base de su fertilidad potencial. López plantea que la CE es una herramienta vital en la selección de sementales ^[19].

Dietas altamente energéticas con adecuada proteína, vitaminas y minerales traen como resultado una CE mayor, sin embargo, parte de ese incremento en el tamaño testicular es de grasa escrotal, por lo tanto, existen indicaciones sobre el efecto de la nutrición en el ternero, la edad a la pubertad y el tamaño testicular ^[6]. También hay que ser cuidadoso en el efecto de la reducción en la nutrición del ternero, pues ella interviene en la secreción de gonadotrofina, y se conoce que la FSH es un medio para manejar la proliferación de las células de Sertoli en animales prepúberes.

Barth et al. ^[5] indicaron la importancia de la calidad seminal para el estudio de efectos espermáticos. Los valores del volumen seminal en la presente investigación se consideran normales, pues aumentaron de $2,4 \pm 1,2$ a $3,6 \pm 1,1$ mL en el período de 8-12 meses de edad de los FS. El hecho de que no se evidenciaran efectos significativos de la edad y épocas del año en el volumen, presumiblemente está asociado a que este indicador es altamente variable entre los eyaculados de un mismo semental y entre diferentes toros, lo cual pudiera explicar la no manifestación de ambos efectos desde el punto de vista del análisis estadístico. El volumen debe continuar en ascenso ($p < 0,01$) hasta los 60 meses de edad en los toros Holstein ^[37].

En toros Jersey el volumen del eyaculado no se afectó por el grado de temperatura ambiental, pero el porcentaje de motilidad y el número de espermatozoides se redujo con el aumento de la misma ^[13].

El alto grado de dispersión en los valores del volumen por toro dentro de un mismo genotipo, obedece a una respuesta individual, ya que aún cuando son sometidos a un manejo y ambiente similar, no puede ser descartada la posibilidad de que al momento de la colecta tenga un grado de tensión diferente, el cual es reflejado en la respuesta de adaptación al método de colección de semen ^[12].

En toretes que alcanzaron la pubertad no se encontraron efectos significativos de las épocas del año en el volumen seminal, cuyos valores fueron de $3,0 \pm 0,6$; $2,0 \pm 0,5$ y $2,0 \pm 0,4$ mL en las temporadas seca, semihúmeda y húmeda, respectivamente ^[3]. En la presente

investigación los resultados fueron de $3,1 \pm 1,2$ en la estación de lluvia y $3,2 \pm 1,0$ mL en la seca, o sea, similares en la seca y superiores a las dos restantes épocas, pero hay que tener en cuenta que las condiciones climáticas fueron diferentes.

Cuando se colecta semen a edades muy tempranas, el volumen por eyaculado es relativamente menor comparado con toros maduros, y la producción de semen por unidad es más baja en toros jóvenes que en toros probados, por lo cual los indicadores y parámetros de calidad seminal se deben establecer en función de la edad y etapa de desarrollo del animal, y no se debe aplicar las mismas normas que se emplean en los centros de inseminación para toros adultos.

El semen de toros jóvenes se comercializa a precios inferiores para favorecer el rápido uso y la difusión de estos animales, con el propósito de que tengan hijas suficientes para probarlos lo más rápido posible; esta práctica es un incentivo para los productores de leche que hacen un buen trabajo criando hijas de estos toros ^[14].

La motilidad fue influenciada por los efectos de la edad del FS y las épocas del año, con resultados más favorables en el período poco lluvioso de noviembre-abril. El análisis de la motilidad es de gran interés por la relación que tiene la actividad cinética de las células espermáticas con la fertilidad ^[18, 38].

La motilidad es uno de los parámetros más importantes de la analítica seminal; hasta hace pocos años este estudio se hacía mediante métodos semicuantitativos, estos métodos evalúan el porcentaje de espermatozoides móviles y el tipo de movimiento que presenta la media de una población espermática; estas medidas ofrecen una descripción general de la motilidad, pero la exactitud y precisión están limitadas por la destreza del observador ^[16]. Pero la valoración subjetiva de la motilidad realizada por personas experimentadas es de gran valor, es inmediata, económica y de fácil ejecución.

Referente al efecto de las épocas del año, la estación más calurosa produce una influencia negativa mayor en los toros Holstein. En los trópicos la calidad del semen de los toros *Bos taurus* es menor en los meses de mayor calor, por el efecto estresante de las altas temperaturas sobre la fisiología del sistema reproductivo ^[8].

El estrés por calor tiene efectos negativos en la reproducción bovina, particularmente en razas europeas (*Bos taurus*) que son menos termotolerantes que el ganado Cebú (*Bos indicus*). El espermatozoide y ovocito, ambos contribuyen a la resistencia temprana embrionaria al shock calórico [4].

La motilidad espermática es uno de los indicadores fundamentales para evaluar los eyaculados frescos y post-congelados, pero es preciso resaltar la importancia que tiene el movimiento progresivo individual como parámetro de fertilidad en toros [26, 31].

El porcentaje de motilidad en este trabajo es inferior al de espermatozoides vivos, fundamentalmente de 8 a 10 meses de edad, dato que también fue señalado por Tamayo [33], quien observó espermatozoides vivos sin que se apreciara motilidad masal satisfactoria.

Los porcentajes de patologías espermáticas hasta los 10 meses fueron altos, aunque este comportamiento es característico de este período de edad. Muchas pruebas han sido aplicadas para predecir el potencial de fertilidad en toros jóvenes, pero la morfología espermática ha sido la más segura de las pruebas de rutina [36].

Las alteraciones morfológicas a los 12 meses estuvieron en el límite superior permisible estipulado por el Manual de Procedimiento Técnico de IA [21] (18%), influenciadas por factores individuales, edad y épocas del año, encontrándose los mejores resultados en el período poco lluvioso en Cuba de noviembre-abril.

En una investigación del semen de toros en centros de IA de Brasil, concluyeron [7] que la temperatura, humedad ambiental y el mes del año no mostraron efectos significativos en la producción y calidad del semen; pero observaron que los toros *Bos indicus* tuvieron concentraciones espermáticas significativamente mayor, mientras que los *Bos taurus* mostraron defectos espermáticos morfológicos menores. En tal sentido, se resalta la importancia que tiene la valoración de las anomalías espermáticas por su asociación negativa con la fertilidad de los toros [26].

Las gotas citoplasmáticas son anomalías primarias transitorias, puesto que estas se eliminan con la madurez de los espermatozoides,

y aunque su existencia en la pieza intermedia o la cola puede deberse al uso excesivo del semental, lo más frecuente es encontrarlas en los eyaculados de toros muy jóvenes. La razón fundamental de que los toros jóvenes tengan elevada proporción de anomalías espermáticas se debe a la existencia de espermatozoides inmaduros por la presencia de la gota citoplasmática proximal ^[36], criterio que fue confirmado con los resultados de la presente investigación.

Existen diferencias ($p < 0,01$) en grupos de toros de 11 y 13 meses de edad con elevados porcentajes de gotas citoplasmáticas proximales, respecto a sus contemporáneos control, ya que los primeros poseen más bajos porcentajes de motilidad y espermatozoides normales y más alta proporción de anomalías morfológicas primarias ^[2]. La incidencia de gotas citoplasmáticas proximales es más alta en animales jóvenes, pero estas disminuyen significativamente a medida que los animales maduran.

El espermiograma juega un papel determinante para revelar las alteraciones morfológicas, las cuales junto a la motilidad poseen una asociación significativa con la fertilidad ^[23]. Se ha observado que la reacción acrosómica tiene una gran significación en la capacidad fertilizante del espermatozoide, pero aunque la reacción del acrosoma es un indicador para evaluar la capacidad fertilizadora del semen, desafortunadamente estos análisis son poco factibles de realizar en los laboratorios de producción de semen de IA.

La membrana del espermatozoide es una estructura heterogénea y dinámica con cinco dominios diferenciados: acrosoma, segmento ecuatorial, región post-acrosómica, pieza intermedia y cola; dicha membrana participa en la identificación de moléculas y adapta su metabolismo al medio que la rodea, dotándola de un sistema molecular para el reconocimiento del ovocito ^[15].

En la evaluación morfológica del espermatozoide es preciso realizar la valoración de la integridad de la membrana plasmática y acrosómica; pero aun conociendo que algunas técnicas morfológicas ofrecen información veraz sobre los daños ocurridos en ambas membranas espermáticas, no siempre se puede asociar con la fertilidad del toro, salvo que el daño de las células espermáticas sean manifiestos ^[20, 27].

La integridad de la membrana espermática es fundamental para el metabolismo celular e imprescindible en diversos eventos fisiológicos relacionados con la fecundación, tales como la capacitación, reacción acrosómica y fusión con el ovocito, lo cual permite la fertilidad del toro semental [20, 28, 40].

La integridad de la membrana plasmática y acrosómica han sido dos de los parámetros de valoración seminal más estudiados por su papel preponderante como límite celular y por ser responsable de hacer efectivas las interacciones entre células, tanto en términos de integridad morfológica como funcional. La integridad funcional de estas membranas se ha evaluado mediante test osmóticos [29].

Los espermatozoides en machos Rojo Sueco y Holstein Sueco fueron morfológicamente diferentes entre toros y eyaculados, el 50% de los sementales tuvieron eyaculados que contenían >10% de formas morfológicamente desviadas de las cabezas, pero comúnmente se usaron en IA estos toros jóvenes [1].

El análisis de regresión de las alteraciones espermáticas a los 12 meses de edad expresó un alto coeficiente ($R^2 = 0,82$; $P < 0,001$), por lo que de mantenerse este mismo nivel de predicción en los sementales adultos de inseminación artificial, se contará con un indicador más para la selección.

La estación del año incide en la calidad del semen por la disponibilidad y calidad de los alimentos y los incrementos de la temperatura y humedad relativa ambiental. En los países tropicales y subtropicales como Cuba, lo más significativo para el semen es el efecto negativo del período más caluroso por las afectaciones de la espermatogénesis [38], lo cual se corroboró en este trabajo. El período noviembre-febrero ofrece el mejor comportamiento por estar asociadas a temperaturas ambientales más bajas. La época calurosa afecta la morfología espermática, especialmente en toros jóvenes [26].

En los mamíferos, la espermatogénesis se realiza eficientemente a temperaturas por debajo de las corporales y es el organismo el encargado de mantener los testículos de 4°C - 5°C por debajo de la temperatura corporal.

En estudios realizados se ha demostrado que existe una relación significativa entre características seminales y el ambiente ^[39]. Las temperaturas elevadas disminuyen la concentración, reducen la motilidad y aumenta el número de alteraciones de los espermatozoides.

Las anomalías morfológicas primarias, tales como vacuolas nucleares, defectos de la pieza intermedia y gotas citoplasmáticas se presentan más en toros Belga Azul (BB) que en Holstein Friesian ^[17].

Las alteraciones de la espermatogénesis son la causa de la peor calidad del semen en los toros BB. El hecho de encontrar más patologías de los espermatozoides en el genotipo BB está determinado por una predisposición genética de mayor susceptibilidad al estrés calórico, el cual interfiere el normal proceso de la espermatogénesis ^[17].

Prieto et al. ^[26] investigaron el efecto del invierno y verano sobre el comportamiento reproductivo en toros cruzados y explicaron que los toros jóvenes son más sensibles al estrés ambiental que los toros adultos, debido posiblemente a que aún no han completado su madurez sexual y como consecuencia tienen menor adaptación al ambiente caluroso de la época de verano.

Como muestran los coeficientes de correlación entre las variables fisiológicas seminales, estas fueron altas y positivas, pero entre ellas y las alteraciones morfológicas de los espermatozoides fueron medias-altas y negativas. Estos resultados reflejan que los componentes de la calidad de los eyaculados están asociados biológicamente e indican el nivel del funcionamiento del aparato reproductor.

El semen está relacionado con el tamaño testicular en virtud de que cada gramo de tejido del testículo produce de 13 a 19 x 10⁶ Spz/día. Existe una correlación positiva ($p < 0,01$) entre la producción de semen y el área de epitelio germinativo, el número de células de Sertoli y el número de células de Leydig ^[9], elementos todos necesarios para el funcionamiento de la espermatogénesis y la biología reproductiva del semental.

Los toros más grandes con testículos más grandes producen usualmente más espermatozoides que los toros más pequeños. Un

toro joven entrando en servicio produce sólo 1 o 2 mL de semen por eyaculación, mientras que un toro completamente maduro produce 10 a 15 mL ^[10]. De ahí la importancia de establecer los parámetros de calidad seminal en las edades previas a la selección del FS ^[33].

Esta asociación entre medidas testiculares y calidad seminal debe evaluarse integralmente con otras variables y factores que intervienen en el potencial reproductivo del toro, pues existe una proporción no despreciable de FS que poseen clínicamente un normal desarrollo gonadal, pero al evaluar la producción seminal se descubre que tienen serios trastornos en su calidad.

De los 120 futuros sementales sometidos al programa de extracción y análisis del semen, a los 12 meses de edad la Comisión Nacional de Selección de Sementales, seleccionó 44 toros utilizando los criterios del método tradicional, pero sin tener acceso a los resultados de esta investigación. De los toros seleccionados para IA por dicha comisión, el 27,3% fueron evaluados previamente "no aptos" como reproductores de IA, sobre la base de un análisis integral de la producción y calidad seminal del período de 8 a 12 meses de edad.

El problema esencial entonces se hizo más evidente, demostrar o no, en función de nuestra hipótesis, que estos futuros sementales clasificados como "no aptos", tendrán similar comportamiento de mala calidad espermática en su fase de madurez en el centro de inseminación artificial, resultados que publicaremos en el artículo 4 de esta serie.

CONCLUSIONES

1. La calidad seminal de los futuros sementales se incrementa positivamente influenciada por el aumento de edad, alcanza su mayor estabilidad a los 12 meses, posee un efecto significativo individual y de época, siendo más favorable el periodo poco lluvioso en Cuba de noviembre-abril.
2. Existe una significativa relación entre las variables seminales, positiva para los indicadores fisiológicos y negativa con las anomalías espermáticas. La calidad seminal y el desarrollo testicular también están asociados significativamente.
3. Más de una cuarta parte de los futuros sementales seleccionados para inseminación artificial por el método tradicional, presentan

problemas con la producción y calidad espermática en el período de 8 a 12 meses de edad, los cuales se clasifican como no aptos por sus resultados de las investigaciones del semen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Al-Makhzoomi, A.; Lundeheim, N.; Håård, M. and Rodríguez, H. Sperm morphology and fertility of progeny-tested AI dairy bulls in Sweden. *Theriogenology*, Volume 70, Issue 4, Pages 682-691, 1 September 2008.
2. Amann, R. P.; Seider Jr., G. E. and Mortimer, R. G. Fertilizing potential in vitro of semen from young beef bulls containing a high or low percentage of sperm with a proximal droplet. *Theriogenology*, 54 (9): 1499-1515, 2000.
3. Aranguren-Méndez, J.; Madrid-Bury, N.; González-Stagnaro, C. et al. Pubertad en toretes 5/8 Holstein y 5/8 Pardo suizo. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Maracay, Venezuela. [En línea]. 2009. Disponible en: http://www.revfacagronluz.org.ve/v12_3/v123z110.html. [Consulta: 5 de febrero de 2010]
4. Barros, C. M.; Pegorer, M. F.; Moraes, J. L. et al. Importance of sperm genotype (indicus versus taurus) for fertility and embryonic development at elevated temperatures. *Theriogenology*, Volume 65, Issue 1, Pages: 210-218, 7 January 2006.
5. Barth, A.D.; Bull, Thundathill y Mapletoft, R.J. Importancia de la calidad seminal y de FIV para el estudio de efectos espermáticos. V Simposio Internacional de Reproducción Animal. Memorias. INRA. Pág. 205-221, 2003.
6. Barth, A. D.; Brito, L. F. C. and Kastelic, J. P. Proceedings of the Annual Conference of the Society for Theriogenology. The Society for Theriogenology 2008 Annual Conference. *Theriogenology*, Volume 70, Issue 3, Pages 485-494, August 2008.
7. Brito, L. F. C.; Silva, A. E. D.; Rodrigues, L. H. et al. Effects of environmental factors, age and genotype on sperm production and semen quality in *Bos indicus* and *Bos taurus* AI bulls in Brazil. *Animal Reproduction Science*, Volume 70, Issues 3-4, Pages 181-190, 15 April 2002.
8. Carmen, C. I. Evaluación reproductiva y de la fertilidad de toros y su utilización para aumentar la eficiencia reproductiva en sistema de reproducción bovina del trópico bajo. CORPOICA. Ciencia y tecnología para el desarrollo agropecuario de Colombia. [En línea]. 2002. Disponible en: <http://www.turipana.org.co/clturipana.htm#carmen>. [Consulta: 14 de marzo de 2004]
9. Castro, A. C. S.; Berndtson, W. E. e Cardoso, F. M. Cinética e quantificação da espermatogênese: bases morfológicas e sua aplicação em estudos da reprodução de mamíferos. *Rev. Bras. Reprod. Anim.* 21 (1): 25-34, 1997.
10. Cuenca Rural. Aspectos generales de la reproducción de la vaca lechera. Cuenca Rural. Lechería. [En línea]. 2008. Disponible en: http://www.cuencarural.com/lecheria/aspectos_generales_de_la_reproduccion_de_la_vaca_lechera/ [Consulta: 18 de diciembre 2009]
11. Duarte, A. Manual de inseminación Artificial de Ganado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Tamaulipas. México. Pág. 3-53, 2006.

12. Echeverry J. Evaluación morfológica seminal de toros. Crianza ganadería taurina. [En línea]. 2008. Disponible en: <http://html.rincondelvago.com/evaluacion-morfologica-seminal-de-toros.html> [Consulta: 10 de septiembre de 2009]
13. Foote C.; Riera, S. and Simplicio, A. The effects of tropical environment on reproduction efficiency in ruminants. Primer Simposio Internacional de Bioclimatología Animal en los Trópicos: Pequeños y Grandes Rumiantes. Anais Fortaleza Embrapa: 63-86, 1990.
14. Funk, D. Toros jóvenes contra toros probados de alta fertilidad. Genética y Reproducción. [En línea]. 2002. Disponible en: <http://www.absmexico.com.mx/m/docs/jovenes.pdf>. [Consulta: 3 febrero 2007]
15. Hammerstedt, R. H.; Grahm, J. K. and Nolan, J. P. Cryopreservation of mammalian sperm: what we ask them to survive. J. Androl. 11: 73-88. 1990.
16. Hidalgo, C. O.; Tamargo, C. y Monforte, C. 2005. Análisis del semen bovino. Revista Tecnología Agropecuaria, ISSN 1135-6030. Boletín Informativo, Época 2, No.5. [En línea]. 2005. Disponible en: <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=01495>. [Consulta: 10 de mayo 2009]
17. Hoflack, G.; Opsomer, G.; Van Soom, A. Et al. Comparison of sperm quality of Belgian Blue and Holstein Friesian bulls. Theriogenology, Volume 66, Issue 8, Pages 1834-1846, November 2006.
18. JanusKauska, A.; Johannisson, A.; Soderquist, L. and Rodríguez-Martínez, H. Assessment of sperm characteristics post-thaw and response to calcium ionophore in relation to fertility in Swedish dairy IA bulls. Theriogenology, 53 (4): 859-875, 2000.
19. López, S. Circunferencia escrotal una herramienta vital en la selección. Sociedad Rural de Mercedes Corrientes, EEA INTA Mercedes, Centro Regional Corrientes. [En línea]. 2007. Disponible en: <http://www.mimercedes.com.ar/sociedadrural/ampliar.php?ampliar=180>. [Consulta: 9 de noviembre de 2009]
20. Madrid, N. Relación entre los métodos de valoración seminal in vitro y la fertilidad in vivo del semen descongelado de toros frisonos. Facultad de Veterinaria. División de Estudios de Posgrado. Universidad Complutense de Madrid, España. Tesis Doctoral. Pág. 1-164, 2004.
21. Manual Normativo de Procedimiento Técnico. Empresa Inseminación Artificial. Ministerio de la Agricultura. La Habana. 2007.
22. Nuevas Tecnologías reproductivas. 2002. Manipulación embrionaria. [En línea]. 2002. Disponible en: <http://www.canal-h.net/webs/sgonzalez002/Manipulacion/INDICE.htm>. [Consulta: 18 de diciembre de 2009]
23. Palacios C. J. Técnicas para la evaluación de la capacidad fecundante de espermatozoides. Memorias. Posgrado de reproducción bovina. CGR, Colombia. 2005.
24. Páramo, B. Análisis andrológico de toros. Productos y Servicios Ganaderos –PROSEGAN- En línea 4 de marzo de 2010. Disponible en: <http://jairoserrano.com/2010/03/analisis-andrologico-de-toros/>. [Consulta: 8 de marzo de 2010]

25. Perry, G. y Patterson, D. Determinación de la fertilidad reproductiva de toros padres. Department of Animal Sciences. Missouri. [En línea]. 2008. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar/ www.produccionbovina.com. [Consulta: 15 de enero de 2010]
26. Prieto, E.; Espitia, A. y Cardozo, J. Efecto del invierno y verano sobre el comportamiento reproductivo de toros cruzados. Rev. MVZ Córdoba, Vol.12, No.1, Córdoba, Jan./June 2007. [En línea]. 2007. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-02682007000100007&script=sci_arttext. [Consulta: 20 de octubre de 2009]
27. Rodriguez, H. Laboratory semen and prediction of fertility: still utopia?. Reprod. Dom. Anim. 38: 312–318, 2003.
28. Rota, A.; Penzo, N.; Vicenti, L. and Mantovani, R. Hypoosmotic swelling (HOS) as a screening assay for testing in vitro fertility of bovine spermatozoa. Theriogenology, 53: 1415-1420, 2000.
29. Rubio, J. L.; Quintero, A. A. y González, D. M. Efecto de la criopreservación sobre la integridad de la membrana plasmática y acrosomal de espermatozoides de toros. Rev. Cient. Maracaibo, V.19, No.4. Maracaibo, 2009. [En línea]. 2010. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592009000400010&lng=pt&nrm=iso. [Consulta: 8 de marzo de 2010]
30. Ruedas, F.; Abadía, B. y Cardozo, J. Actividad enzimática de la aspartato-aminotransferasa y su relación con la calidad seminal en toros de tres razas bovinas criollas colombianas. Sistema de Producción Bovinos. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. [En línea]. 2009. Disponible en: <http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Ofertas/articulo.asp?id=1415>. [Consulta: 8 de marzo de 2010]
31. Santana, A. C. e Cardoso, F. M. Avaliação dos métodos de quantificação da produção espermática em estudos experimentais em animais domésticos. Cad. Téc. Vet. Zootec. No. 35: 31-40 2001.
32. SAS. Copyright (c). Institute INC., Cary, NC 27511. USA. 2004.
33. Tamayo, M. Calidad espermática y desarrollo testicular en futuros sementales Holstein. Relación con la producción, calidad y fertilidad del semen ulterior de los toros en inseminación artificial. Tesis de Maestría. Centro de Investigación para el Mejoramiento Genético de la Ganadería Tropical. Ministerio de la Agricultura. La Habana. 2006.
34. Tamayo, M. La selección de sementales bovinos en Cuba. 1. Crecimiento y desarrollo corporal y gonadal en futuros sementales Holstein. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria. ISSN: 1695-7504. Vol.10, Nº 12, diciembre/ 2009. [En línea]. 2009. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121209.html>. [Consulta: 10 de enero de 2010]
35. Tamayo, M.; Pérez, J. F. y Pérez-Pérez, F. Libido, pubertad, concentraciones séricas de testosterona y su relación con variables corporales y testiculares en futuros sementales Holstein. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria. ISSN 1695-7504. Vol. 11, Nº 11, Noviembre/2010. [En línea]. 2010. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111110.html>. [Consulta: 18 de diciembre de 2010]

36. Thompson, J. A.; Wikse, S. E.; Forrest, D. W. et al. Predicting end-of-test semen quality in bulls prior to performance testing. *Theriogenology*, 47 (7): 1297-1307, 1997.
37. Tiba, T.; Matsuzaki, K. and Kojima, Y. Examination of spermatogonial multiplication in the bull using whole-mount seminiferous tubules. *Reprod. Dom. Anim.* 29: 458-468, 1994.
38. Vale Filho, V. R. Fertilidad en toros. Parámetros de evaluación andrológica y concepción general. *Cad. Téc. Vet. Zootec.* No. 35: 81-87, 2001.
39. Valle, A.; Fuentes, A. y Puerta, M. Influencia de factores climáticos sobre las características seminales de toros Holstein y Pardo Suizo nacidos en el trópico. *Rev. Fac. Agron. V.* 22, No.1 (ISSN 0378-7818). Caracas, 2005.
40. Watson, P. F. The causes of reduced fertility with criopreserved semen. *Anim. Reprod. Sci.* 60: 481-492, 2000.
41. Yáñez-Cuéllar, L.; Madrid-Bury, N.; Contreras-Durán, R. y Rincón-Urdaneta, R. Relaciones de circunferencia escrotal con edad y peso corporal en toros mestizos. Universidad Sur del Lago, Zulia. [En línea]. 2005. Disponible en: <http://www.alpa.org.ve/PDF/Arch%2005%20Suplemento/GM06.pdf>. [Consulta: 10 de noviembre de 2009]
42. Ziegler, J. Cómo usar el Código del Genoma. Genomics Program. Select Sires. The Word's Source for Bovine Genetics. [En línea]. 2009. Disponible en: http://www.selecta.com.uy/index.php?view=article&catid=48%3Aarticulos-leche&id=56%3Acomo-usar-el-codigo-del-genoma&format=pdf&option=com_content&Itemid=104. [Consulta: 12 de marzo de 2010]

REDVET: 2013, Vol. 14 Nº 1

Recibido 12.06.2012 / Ref. prov. JUN1242B_RED VET / Revisado 31.10.2013
Aceptado 21.11.2012 / Ref. def. 011301_RED VET / Publicado: 01.01.2013

Este artículo está disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010113.html>
concretamente en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010113/011301.pdf>

REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria está editada por Veterinaria Organización®.

Se autoriza la difusión y reenvío siempre que enlace con Veterinaria.org® <http://www.veterinaria.org> y con REDVET®-
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>