Rev. Fac. Agron. (LUZ). 2005, 22: 52-61

Influencia de factores climáticos sobre las características seminales de toros Holstein y Pardo Suizo nacidos en el trópico

A. Valle[1], A. Fuentes[2] y M. Puerta[3]

[1]CENIAP - Estudios Agrosocioeconómicos. Maracay, Venezuela.
[2]CENIAP- Producción Animal. Maracay, Venezuela.
[3]Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Departamento de Producción Animal. Maracay, Venezuela

Resumen

Dos grupos de 5 toros Holstein y Pardo Suizo puros nacidos en el rebaño del Instituto de Investigaciones Zootécnicas del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, ubicado en Maracay, Venezuela, fueron escogidos al azar para estudiar sus características seminales (CS) en dos épocas (E), registrándose volumen (Vo), pH, densidad (De), motilidad masal (Mo), % de vivos (Vi), concentración (Co) y Atipias (At), paralelamente con algunas variables ambientales (VA) y fisiológicas (VF) en el momento de la recolección, realizada mediante una vagina artificial, en presencia de una vaca en celo. Las 240 observaciones, ajustadas por la edad del toro, fueron analizadas por varianza, regresión, correlación simple y múltiple. Se observó diferencias significativas ($P<0,01$) para E en todas las CS. Las correlaciones simples entre CS y VA muestran que solamente la Mo es afectada positivamente ($P<0,01$) por la frecuencia respiratoria (FR), influenciada a su vez por la temperatura ambiental (TA). El efecto combinado de VA sobre CS puede ser expresado por las siguientes ecuaciones: Vo = 0,421 + 0,061TR (temperatura rectal) + 2,302FR; De = 2,076 - 0,029TR + 0,035FR; Mo = 2,470 - 0,31TR + 0,33FR, Co = 111,327 + 1,572FR y At = 1,362 + 0,031TR – 0,013FR. Los mayores valores de CS (menos para At) se observaron en la época lluviosa.

Palabras clave: Toro, Semen, Trópico, Ambiente, Adaptación, Bioclimatología.

Introducción

Hace dos décadas la FAO (10) recomendó a los países latinoamericanos la evaluación y conservación de germoplasma de animales, en especial de los nativos. De acuerdo con Curtis y Amann (8), el impacto genético de un reproductor superior está limitado por el número

Recibido el 20-7-2001 ● Aceptado el 16-3-2004
Autores para correspondencias emails: albertvallesoll@yahoo.com; arfuentes@telcel.net.ve

de espermatozoides que él produce, e influenciado por factores ambientales, siendo los de mayor importancia la temperatura ambiental, humedad relativa y radiación solar (17).

Los factores ambientales en el trópico muestran una influencia directa sobre la fisiología reproductiva e indirecta sobre la calidad y cantidad de alimento disponible. De acuerdo con Aranguren *et al*. (2), esta acción afecta el inicio de la pubertad en toretes mestizos Holstein y Pardo Suizo, así como ciertas características seminales.

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. Los estudios realizados demuestran que existe una relación entre características seminales y el ambiente (las temperaturas elevadas disminuyen la concentración espermática, reducen la motilidad y aumenta el número de anormalidades de los espermatozoides), por lo que el objetivo del presente estudio fue cuantificar este efecto y determinar las ecuaciones de predicción en términos seminales, para lograr una eficiente utilización de los reproductores bovinos.

Materiales y métodos

Los 10 reproductores puros utilizados pertenecen al rebaño bovino del Instituto de Investigaciones Zootécnicas del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), localizado en el área universitaria de la UCV en Maracay, a 450 msnm y con un promedio mensual de temperatura y humedad de 26,7°C y 74% respectivamente, en el año en que se realizó el estudio. Los valores promedios de las variables climáticas durante el período bajo estudio se indican en el cuadro 1.

Los toros, con edades comprendidas entre los 26 y 34 meses en ambas razas, permanecieron todo el tiempo en toriles semitechados con piso de cemento, recibiendo diariamente una dieta balanceada que cubría sus requerimientos nutricionales, consistente en 2 kg de un concentrado comercial con 16% PC y pasto picado a voluntad (*Pennisetum purpureum*).

Las extracciones de semen fueron realizadas siempre por un mismo técnico especialista, durante la época seca (Abril) y época lluviosa (Septiembre), a primeras horas de la mañana (7 - 9 am), mediante una vagina artificial, cuya temperatura en su interior estaba entre los 40 – 45°C en el momento de la recolecta del semen. La misma fue sostenida paralela a la vaca en celo, y ligeramente inclinada con respecto a la línea de la trayectoria esperada del pene del toro. La inserción guiada del pene dentro de la vagina se realizó con la palma de la mano, y al eyacular, el técnico recolector permitió el desplazamiento del semen en el tubo recolector mediante una ligera inclinación de la vagina artificial.

El día anterior a la extracción se anotaron las variables climáticas

Cuadro 1. Valores promedio de las variables ambientales en el mes del ensayo.

Época		Temperatura Ambiental (°C)	Humedad Relativa (%)	Radiación Solar[1] (gramo cal/cm^2)	Precipitación (mm)
Seca	Máxima	33,14	91,99	32,20	102,00
	Mínima	24,50	52,00	12,37	0,00
	Promedio	30,27	62,83	27,35	10,30
Lluviosa	Máxima	29,10	99,00	32,37	222,00
	Mínima	22,00	56,00	1,41	0,00
	Promedio	26,81	85,47	19,85	114,32
Promedio general		28,70±6,8	73,29±13,7	23,45±7,2	37,00±72,7

[1]Constante K del actinográfo = 17,7

(temperatura ambiental, humedad relativa, radiación solar y precipitación) a objeto de verificar su efecto sobre las características seminales. Antes de la extracción se tomó la frecuencia respiratoria (promedio geométrico de tres observadores simultáneos) y la temperatura rectal de cada reproductor (mediante termómetro clínico a 15 cm de profundidad), con la finalidad de estudiar su posible relación con las variables en estudio.

La evaluación macroscópica del eyaculado fue realizada por otro técnico especialista durante todo el ensayo, comenzando con la medición del pH mediante la cinta Whatman en escala de 1 a 12, y el volumen (Vo) en un tubo graduado de recolección.

La densidad (De) se estimó subjetivamente, asignándole valores de 1 - 4: 1 (acuoso), 2 (poco denso), 3 (denso) y 4 (muy denso). El número de espermatozoide por eyaculado se obtuvo mediante la multiplicación del volumen por la concentración (determinada mediante contaje en la cámara de Neubauer, previa dilución 1/200 en un balón aforado de 100 ml con cloruro de sodio al 3%, expresados como número de espermatozoides por milímetro cúbico). El porcentaje de espermatozoides vivos (Vi) se determinó mediante coloración vital, utilizando azul de bromofenol, y la motilidad masal (Mo) mediante la visualización del tipo de ondas asignándole de una a cuatro cruces, además de la particularidad de mayor o menor, con valor para cada cruz del 25%.

El porcentaje de atipias (At) se determinó mediante un estudio en una lámina porta objeto (frotis), observando un mínimo de 200 espermatozoides con objetivo 40X, obteniendo el correspondiente valor mediante la relación entre el número de ellas sobre el total de espermatozoides observados. Además, durante el mismo estudio se clasificaron las atipias según el sitio de las mismas: cabeza, cuello y pieza intermedia, cola y presencia o no de gota citoplasmática.

Los datos fueron analizados por varianza mediante un modelo simple completamente aleatorio (entre y dentro), regresión simple entre las variables (climáticas, fisiológicas y en combinación) y múltiple para obtener las ecuaciones de predicción de las variables estudiadas, de acuerdo con el siguiente modelo matemático:

$$\ddot{Y}j = \beta 0 + \beta 1\ X1j + \beta 2\ X2j + \ldots\ldots + \beta k\ Xkj + \xi j$$

Donde,

$\ddot{Y}_j$ = valor más probable que tomará $\ddot{Y}$ (variable dependiente) para los valores datos de las X_j

β_0 = ordenada al origen del plano (intercepto)

β_i = coeficientes de regresión (i = 1,2,...,k)

X_{kj} = valores de las variables independientes (fisiológicas y/o climáticas)

ξ_j = error experimental correspondiente a una variable aleatoria de distribución normal e independiente $(0, \sigma^2)$

Resultados y discusión

Entre los valores promedio de las variables ambientales registradas durante el presente estudio, se destaca particularmente la temperatura ambiental de la época seca, la cual fue siempre superior al valor indicado por Valle (17) como desencadenante del estrés ambiental, acentuando la activación de los mecanismos termorreguladores de los animales, afectando su fisiología reproductiva.

La acción negativa de las altas temperaturas ambientales sobre la calidad espermática en toros se manifiesta por una baja motilidad e incremento en el número de atipias (3, 7, 11, 14), esto último debido mayormente al deterioro de la membrana del espermatozoide, debido a que el estrés calórico afecta su afinidad, alterando su constante de disociación (4).

Las medidas de posición (promedio geométrico) y de dispersión (desviación estándar) mostradas en el cuadro 2 no señalan diferencias significativas entre raza para las variables fisiológicas y características seminales. Esto pareciera sugerir que ambas razas presentan un coeficiente de tolerancia al calor semejante, basado principalmente en las tasas metabólicas de producción hormonal y una similitud térmica testicular (hipotalámica) que permite una buena espermatogénesis, reflejada en valores normales de las características seminales.

Con relación a las características seminales, éstas se encuentran dentro de los límites reportados, aunque con algunas variantes indicadas por Montes y Martínez (13), Tamayo y Gebremarian (15) y Tamayo *et al*. (16) en sementales Holstein tropicales, con relación al volumen del eyaculado y, consecuentemente, la concentración de espermatozoides. Sin embargo, algunos autores (6, 9) reportan valores semejantes a los obtenidos en el presente estudio.

Clasificados los valores promedio de acuerdo con la época de

Cuadro 2. Valores promedio de las características seminales y fisiológicas de toros Holstein y Pardo Suizo.

Variable	Promedio general n = 240	Holstein n = 120	Pardo Suizo n= 120
Volumen (ml)	4,17 ± 1,62	4,25 ± 2,13	4,21 ± 1,80
pH	6,74 ± 0,52	6,72 ± 0,71	6,73 ± 0,46
Densidad	2,77 ± 1,08	2,73 ± 1,47	2,75 ± 1,30
Motilidad (%)	2,95 ± 1,11	2,97 ± 1,32	2,96 ± 1,60
Vivos (%)	71,92 ± 18,48	72,68 ± 26,31	72,30 ± 22,03
Concentración (E/mm^3)	133,57 ± 89,17	136,83 ± 69,42	135,20 ± 86,16
Atipias (%)	2,24 ± 1,12	2,31 ± 0,83	2,16 ± 1,06
Temperatura rectal (°C)	39,28 ± 2,17	39,34 ± 2,06	39,31 ± 2,13
Frec. respiratoria/min	52,92 ± 7,12	52,75 ± 5,38	52,88 ± 6,09

recolección, se observa una diferencia estadística significativa (P<0,01) para las variables fisiológicas y seminales (menos pH), como se señala en el cuadro 3.

Dado que los toros evaluados son puros y que las condiciones climáticas de la localidad en la cual se realizó la evaluación representan un estrés para los mismos, los valores observados demuestran que esta condición afecta las características seminales.

Esta situación de incomodidad

Cuadro 3. Valores promedio de las características seminales y fisiológicas de toros Holstein y Pardo Suizo, según la época de recolección.

Variable	Epoca		Promedio general
	Seca	Lluviosa	
Volumen (ml)	3,64 ± 1,18^b	4,78 ± 2,14^a	4,21 ± 1,80
pH	6,70 ± 0,54	6,76 ± 0,38	6,73 ± 0,46
Densidad	2,60 ± 1,48^b	2,90 ± 1,12^a	2,75 ± 1,30
Motilidad (%)	2,91 ± 1,34^b	3,01 ± 1,02^a	2,96 ± 1,60
Vivos (%)	70,99 ± 27,38^b	73,61 ± 24,80^a	72,30 ± 22,03
Concentración (E/mm^3)	130,49 ± 92,41^b	139,41 ± 80,31^a	135,20 ± 86,16
Atipias (%)	3,18 ± 1,31^a	0,94 ± 1,02^b	2,24 ± 1,12
Temperatura rectal (°C)	40,01 ± 1,78^a	38,90 ± 1,74^b	39,31 ± 2,13
Frecuencia respiratoria/min	58,03 ± 6,32^a	48,12 ± 7,43^b	52,88 ± 6,09

^{a,b}Promedios de la misma fila con diferentes letras son estadísticamente diferentes (P<0,01).

térmica, mostrada por los reproductores en la época seca, disminuye todos los valores de las características seminales, afectando su poder fecundante, en especial el número de espermatozoides vivos y su concentración. Al respecto, Bidot (5) señala una disminución de más del 10% en la fertilidad debido a las condiciones climáticas, mientras que Aranguren-Ménez *et al.* (1) y Madrid-Bury *et al.* (12), indican una menor motilidad individual de los espermatozoides en la época de mayor calor ambiental.

El porcentaje de atipias fue mayor en la época seca (Abril), con diferencias significativas ($P<0,05$), correspondiendo el 94,6% a malformaciones de la cola. Este valor es bastante menor que el reportado por diversos investigadores (1,4,7,11,14), sugiriendo una marcada influencia en la espermatogénesis de las variaciones de temperatura ambiental entre las dos épocas.

La relación existente entre las variables ambientales (independientes) sobre las fisiológicas (dependientes) pueden ajustarse a un plano en el espacio tridimensional a los puntos correspondientes a los valores de las observaciones,, cuya representación esquemática se muestra en el figura 1.

El ajuste espacial de las variables ambientales *versus* las fisiológicas contempladas en el presente estudio muestran una mayor conjunción de puntos dirigidos hacia el vértice, lo que en términos vectoriales indica una estrecha relación entre ellos. La inclinación mostrada hacia la Frecuencia Respiratoria ($r = 0,120$) y la temperatura rectal ($r = 0,106$) indica

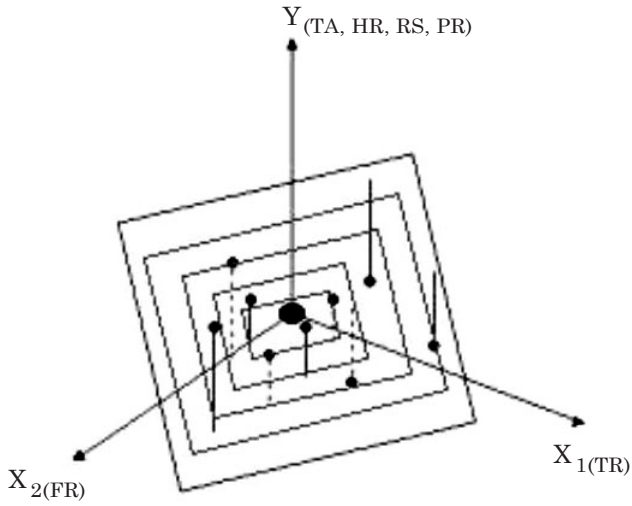


Figura 1. Descripción geométrica tridimensional de los puntos correspondientes a los valores promedio de las observaciones de las variables dependientes, en función del cambio unitario en las independientes.

Cuadro 4. Coeficientes parciales de regresión de las variables fisiológicas y climáticas sobre las características espermáticas.

	Característica					
	Volumen	pH	Densidad	Motilidad	Vivos	Concentración
a	0,331	7,083	2,054	2,482	57,276	111,327
X_1 (TR)	0,023	0,005	-0,025	-0,034	-0,062	-1,796
X_2 (FR)	0,044*	-0,005	0,035*	0,033**	0,312	1,572
X_3 (TA)	0,007	-0,006	-0,004	0,005	0,195	-0,061
X_4 (HR)	0,010	0,002	0,000	0,005	0,064	0,150
X_5 (RS)	-0,000	-0,001	-0,000	-0,001	-0,020	0,003
X_6 (PR)	-0,003	-0,000	-0,000	-0,001	-0,016	0,015

Leyenda: TR = Tempeatura rectal; FR = Frecuencia respiratoria; TA = Temperatura ambiental; HR = Humedad relativa; RS = Radiación solar; PR = Precipitación
Significancia: *(P<0,05); **(P<0,01).

la importancia de las estas variables para establecer el equilibrio térmico.

La dispersión de los puntos en los diferentes planos espaciales referentes a la humedad relativa y la precipitación (ambas directamente relacionadas) muestran que su efecto sobre las variables fisiológicas pudiera disminuir los valores de estas variables, pero dado que los puntos en el gráfico no están concentrados en ninguno de los niveles, se pudiera interpretar como que la acción de estas variables no es suficiente para contrarrestar eficazmente la respuesta de las variables fisiológicas.

Estas conclusiones se ratifican con los valores de las correlaciones múltiples mostradas en el cuadro 4, donde los coeficientes parciales de regresión de la variable temperatura ambiental sobre la temperatura rectal y frecuencia respiratoria ratifican la importancia que tiene la temperatura ambiental para propiciar condiciones de estrés térmico, y consecuentemente, sobre las condiciones seminales de toros puros en el trópico.

Los coeficientes parciales de regresión para todas las variables estudiadas, indican la importancia de la frecuencia respiratoria como mecanismo termorregulatorio corporal, afectando positivamente el volumen del eyaculado, la densidad y motilidad de los espermatozoides (P<0,05), mientras que la temperatura ambiental ejerce su acción particularmente sobre la cantidad y forma de las atipias, aunque de manera no significativa.

El análisis de regresión múltiple permitió definir las ecuaciones de predicción para las características espermáticas, indicadas en el cuadro 5, cuyos coeficientes de determinación (R^2) son bastante altos (0,76 - 0,97), lo que permite indicar que la mayor

Cuadro 5. Ecuaciones de predicción para las variables fisiológicas y seminales, estimadas con 240 observaciones.

Ecuación	R^2
$\ddot{Y}$ (FR) = 49,376 + 0,120 X_{TA}	0,962
$\ddot{Y}$ (TR) = 36,485 + 0,106 X_{TA}	0,970
$\ddot{Y}$ (Vo) = 0,421 + 0,601 X_{TR} + 2,303 X_{FR}	0,831
$\ddot{Y}$ (pH) = 7,083 – 0,006 X_{TA} – 0,001 X_{RA}	0,760
$\ddot{Y}$ (De) = 2,076 – 0,029 X_{TR} + 0,035 X_{FR}	0,891
$\ddot{Y}$ (Mo) = 2,470 – 0,031 X_{TR} + 0,033 X_{FR}	0,867
$\ddot{Y}$ (Vi) = 57,276 + 0,312 X_{FR} – 0,021 X_{RA}	0,806
$\ddot{Y}$ (Co) = 111,327 + 1,572 X_{FR}	0,917

Leyenda: TA = Temperatura ambiental (°C); FR = Frecuencia respiratoria (R/min); TR = Temperatura rectal (°C); RS = Radiación solar (g cal/cm^2); Vo = volumen (ml); De = Densidad; Mo = Motilidad (%); Vi = Vivos (%); Co = Concentración (E/mm^3); E = Número de espermatozoides

parte de la variación total en los valores de Y (variable dependiente) es explicada por el plano de regresión ajustado.

Se observa que el volumen del eyaculado es afectado positivamente por las variables fisiológicas, mientras que el pH del semen se reduce por efecto de las variables ambientales. La densidad y la motilidad espermática disminuye por efecto de la temperatura rectal, pero se compensa con un incremento de la frecuencia respiratoria, la cual además favorece la vitalidad y la concentración de espermatozoides.

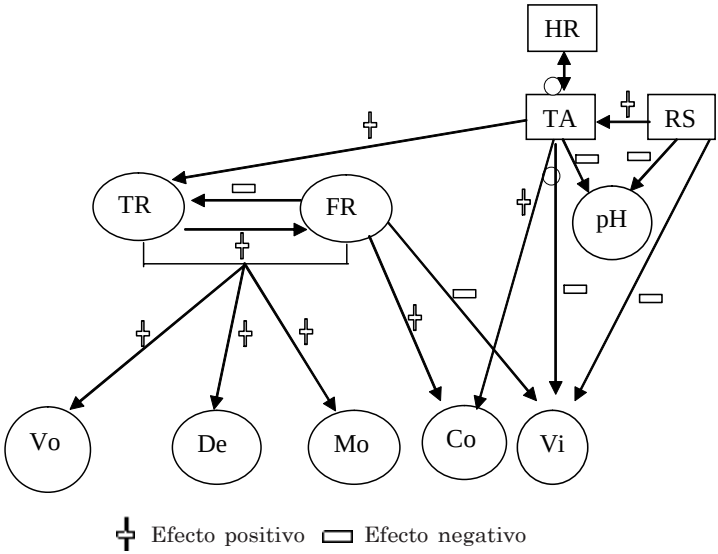
Como una forma de vislumbrar mejor y de manera integral el efecto de las variables ambientales y fisiológicas sobre las características espermáticas, se elaboró el figura 2, en la cual se destaca la importancia de la concentración seminal como característica compensatoria frente a un estrés térmico acumulado por el animal, cuyo incremento sirve para favorecer la probable pérdida de vitalidad por efecto inmediato del incremento de la frecuencia respiratoria, como respuesta al aumento de la temperatura rectal, garantizando de esta forma el poder fecundante del macho en función del mayor número de espermatozoides por volumen de eyaculado.

Conclusiones y recomendaciones

Bajo las condiciones del presente ensayo se puede indicar que:

La temperatura ambiental promedio superior o igual a los 30°C afecta las características seminales de toros Holstein y Pardo Suizo.

La interrelación existente entre las variables fisiológicas (temperatura



Leyenda:

TA = Temperatura ambiental	Vo = Volumen
RS = Radiación solar	De = Densidad
TR = Temperatura rectal	Mo = Motilidad
FR = Frecuencia respiratoria	Co = Concentración
HR = Humedad relativa	Vi = % Vivos

Figura 2. Diagrama resumen de la interrelación entre las variables fisiológicas y ambientales con las características seminales.

rectal y frecuencia respiratoria) incide positivamente en el volumen del eyaculado, densidad, motilidad y concentración de los espermatozoides.

La concentración espermática de los reproductores en situación de estrés térmico se incrementa como una medida compensatoria de la disminución del número de espermatozoides vivos en el eyaculado.

Los resultados sugieren mayores estudios al respecto, en especial la determinación de la amplitud y frecuencia de la acción de los elementos del clima posteriores al estrés térmico, sobre las características seminales.

Literatura citada

1. Aranguren-Méndez, J., N. Madrid-Bury y C. González-Stagnaro. 1994. Factores genéticos y ambientales que afectan la pubertad en toretes mestizos. 1. Desarrollo corporal y testicular. VIII Cong. Venez. Zootecnia. I004 (Resumen).

2. Aranguren-Méndez, J., N. Madrid-Bury, C. González-Stagnaro, E. Rincón U., l. Ramírez Y. y A. Quintero M. 1995. Pubertad en toretes 5/8 Holstein y 5/8 Pardo Suizo. Rev. Fac. Agron. (LUZ), 12(3):393-407.

3. Austn, J.W., E.W. Hupp y R.L. Murphee. 1961. Effect of scrotal insulation on semen of Hereford Bulls. J. Anim. Sci., 20:307-311.

4. Ax, R.L., G.R. Gilbert y G.E. Shook. 1987. Sperm in poor quality semen frombulls during heat stress have a lower affinity for binding hydrogen-3 heparin. J. Dairy Sci., 70:195-200.

5. Bidot, A, 1989. Relación entre la época de extracción del semen y de inseminación de la hembra con la fertilidad. Rev. Cub. Reprod. Anim., 15(1):63-71.

6. Bidot, A. 1990. Evaluación de la esperma de sementales bovinos que presentan baja congelabilidad. Rev. Cub. Reprod. Anim., 16(2):45-53.

7. Casaday, R.B., R.M. Myers y J.E. Legates. 1953. The effect of exposure to high ambient temperature on spermatogenesis in the dairy bull. J. Dairy Sci., 36:14-19.

8. Curtis, S.K. y R.P. Amann. 1981. Testicular development and establishment of spermatogenesis in Holstein bulls. J. Anim. Sci., 53(6):1645-1657.

9. Deutscher, G.H., M.E. Wells y R.A. Battaglia. 1974. Evaluation of epididymal sperm by the cannulation technique and the effects of in vivo storage in Angus bulls. J. Anim. Sci., 39(6):1136-1143.

10. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recomendaciones para la consulta de expertos FAO/PNUMA sobre la evaluación y conservación de recursos genéticos animales. *En*: Muller-Haye, B. y J. Gelman (Eds.) Recursos genéticos animales en América Latina. Estudio FAO: Producción y sanidad animal. 1981. N° 22. 168 pp.

11. Johnston, J.E., H. Naelapaa y J.B. Frye Jr. 1963. Physiological responses of Holstein, Brown Swiss and Red Sindhi crossbred bulls exposed to high temperatures and humidities. J. Anim. Sci., 22_432-437.

12. Madrid-Bury, N., R. González, E. Soto, C. González-Stagnaro y J. Aranguren. 1992. Circunferencia escrotal, desarrollo corporal y características seminales en toretes F1 (1/2 Brahman x ½ Holstein). VII Cong. Venez. Zootecnia. GR-8 (Resumen).

13. Montes, Y. y A.E. Martínez. 1989. Análisis del comportamiento de la calidad espermática en sementales Holstein estabulados con ventilación artificial y natural. Rev. Cub. Reprod. Anim., 15(1):25-41.

14. Ross, A.D. y K.W. Entwistle. 1979. The effect of scrotal insulation on spermatozoal morphology and the rates of spermatogenesis and epididymal passage of spermatozoa in the bull. Theriogenology, 11:111-116.

15. Tamayo, M. y A. Gebremarian. 1994. Desarrollo, pubertad y calidad de la producción espermática en futuros sementales Holstein tropical. VIII Cong. Venez. Zootecnia. I049 (Resumen).

16. Tamayo, M., T. Degefa y T. Tesfaye. 1994. Sistema de cría, desarrollo corporal y genital en futuros sementales del programa Siboney de Cuba. VIII Cong. Venez. Zootecnia. I050 (Resumen).

17. Valle, A. y J. Velásquez. 1980. Importancia del porcentaje de pelaje negro en animales Holstein sobre el proceso adaptativo. II. Comportamiento en pastoreo. Agronomía trop., 30:181-200.