

Estrés calórico y su relación con variables reproductivas en machos bovinos en la Amazonia Colombiana - Heat stress and his relation with reproductive parameters in bovine males in the Colombian Amazonia

Ríos Carmona, Víctor Eduardo., (MVZ)¹., **Ortiz Bravo, Niza Mariel** (MVZ)¹., **Valencia Hernández, Andrés Felipe** (MSc(c))²., **Orjuela Chaves, José Alfredo** (MSc(c))³.

¹Médico veterinario zootecnista universidad de la Amazonía, Sede Principal Calle 17 Diagonal 17 con Carrera 3F | Barrio Porvenir, Suramérica Florencia-Caquetá-Colombia.
e-mail: victorioso90@hotmail.com

²Médico veterinario UDCA, Bogotá-Colombia, candidato a magister UNISALLE, Bogotá-Colombia, docente universidad de la Amazonía.

³Médico veterinario zootecnista Universidad del Tolima, Ibagué – Tolima -Colombia, Magister en Agroforestería Universidad de la Amazonia, docente de la Universidad de la Amazonia.

Resumen

Se evaluó el efecto del estrés calórico sobre el desempeño reproductivo de toros en el Municipio de Florencia – Caquetá, mediante la aplicación del indicador de riesgo objetivo de padecer estrés por calor -índice de temperatura y humedad (ITH). Se realizó un estudio retrospectivo, tomando datos climatológicos generados en la estación meteorológica CIMAZ del centro experimental Macagual de la Universidad de la Amazonia, colectados entre el periodo de 1977al año 2005, con estos datos se aplicaron las fórmulas para cálculos de ITH reportadas por Hahn (1999), Valtorta y Gallardo (1996), Kibler (2000); los resultados obtenidos se correlacionaron con evaluaciones seminales de toros pertenecientes al grupo racial de Cebuinos colectados durante el año de 1998. Se determinó durante el periodo de estudio, que todos los meses del año en la región Amazónica se encuentran en la escala de Alerta de padecer estrés por calor (ITH 71-78) de la LWSI ($P \leq 0,05$). Siendo noviembre, diciembre, enero y febrero los meses de mayor riesgo, a su vez, enero represento el mes de mayor riesgo y julio el de menor riesgo. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los ITH aplicados ($P \leq 0,05$). Por otra parte, se evidenció la influencia del ITH sobre la calidad seminal, ya que a medida que aumentó éste, se vieron afectados parámetros seminales tales como concentración, anormalidades primarias y volumen.

Palabras clave: Estrés calórico | ITH | termorregulación | reproducción | calidad seminal | toros cebuinos

Abstract

Was evaluated the effect of heat stress on reproductive performance of bulls in the Municipality of Florence - Caquetá, by applying objective indicator of risk of suffering heat stress - temperature and humidity index (THI). We performed a retrospective, taking weather data generated weather station Macagual CIMAZ experimental center at the University of Amazonia, collected between the period of 1977 to 2005, these data were applied formulas ITH calculations reported by Hahn (1999), Valtorta and Gallardo (1996), Kibler (2000); the results were correlated with bull semen evaluations belonging to Zebu breed group collected during the year 1998. It was determined during the study period, all the months of the year are on the alert scale of suffering heat stress (THI 71-78) of LWSI ($P \leq 0.05$). Being November, December, January and February are the months of greatest risk, in turn, represent the month of January increased risk and July the least risky. No statistically significant differences were found between the applied ITH ($P \leq 0.05$). Moreover evidenced the influence of ITH on semen quality, and that as this increase were affected sperm parameters such as concentration, primary abnormalities and volume.

Keywords: Heat stress | ITH | thermoregulation | reproduction | semen quality | Zebu bulls

Introducción

Los bovinos al igual que todos los mamíferos, son animales homeotermos, es decir, organismos que a pesar de las fluctuaciones en la temperatura ambiental son capaces de mantener relativamente constante su temperatura corporal, esta capacidad es esencial para una multitud de reacciones bioquímicas y procesos fisiológicos asociados con el normal funcionamiento (productivo, reproductivo) del organismo (Shearer J y Bray D, 1995).

Por lo tanto en estado de termoneutralidad el animal puede mantener su homeostasis sin excesivo uso de energía para la termorregulación, quedando así la energía disponible para el mantenimiento basal reflejado en su estado salubre (Du Preez J.H., et al 1990; Macaulay A.S. et al, 1995). Sin embargo cuando este estado se ve afectado y las barreras de termoneutralidad superadas debido al estrés por calor, el cual se define como “todos aquellos factores ambientales que afectan el estado normal de bienestar del animal” (Rivier y Rivest, 1991), el animal para poder responder a los desafíos térmicos, recurre a reducir la ingesta de alimento, así mismo altera muchas de sus actividades fisiológicas, las cuales repercuten en su eficiencia productiva, reproductiva, así como en su estado de salubridad (Beede and Collier, 1986; Lacetera et al., 2003).

Por lo cual, en la actualidad el estrés calórico constituye uno de los problemas de mayor relevancia en el sector ganadero, al afectar negativamente la rentabilidad y²

viabilidad económica de éste, al tener un gran impacto en la producción y reproducción tanto de macho como de hembras. En el macho, se ha comprobado que a medida que aumenta la temperatura ambiental se ve disminuida la espermatogénesis, y aumenta el porcentaje de atipias y de espermatozoides muertos (Mathevon et al., 1998).

Por consiguiente se realizó una investigación de tipo retrospectivo en la cual se evaluó el efecto del estrés calórico medido a través del ITH y sus posibles efectos sobre el desempeño reproductivo de toros, medidos en la calidad seminal durante los años 1977-2005 colectados en el municipio de Florencia - Caquetá

Este trabajo pretendió evaluar el efecto del estrés calórico sobre el desempeño reproductivo de machos bovinos mediante el ITH, el cual relaciona el valor de temperatura con el grado de humedad, siendo un indicador objetivo del riesgo de padecer estrés por calor, indicando a su vez en qué condiciones de temperatura y humedad se produce un estrés moderado o grave, con lo cual se busca correlacionar las respuestas reproductivas del macho frente a los cambios ambientales, medidos a través de este ITH.

Materiales y métodos

La presente investigación se realizó en fincas ganaderas de doble propósito en el departamento del Caquetá. En la investigación se utilizaron datos de diferentes evaluaciones seminales de 8 toros pertenecientes al grupo racial de Cebuinos realizadas durante el año de 1998 abarcando así las épocas de máxima y mínima precipitación. Las colectas fueron obtenidas por medio del electroeyaculador (Electrojac5), en estas evaluaciones se tuvieron en cuenta parámetros como volumen (ml), concentración de espermatozoides/ml mediante conteo con cámara de Neubauer y anomalías espermáticas primarias. Con las variables climáticas conseguidas, se aplicó un indicador objetivo que predice el riesgo de padecer estrés por calor (ITH). Así mismo, se relacionaron los datos de ITH obtenidos con posibles efectos en la calidad seminal de los toros colectados.

Determinación de ITH.

Se tomaron datos de variables climáticas (temperatura media y humedad relativa) tomadas de la estación meteorológica del CIMAZ perteneciente al centro Experimental Macagual de la Universidad de la Amazonia. Se manejaron los datos climatológicos generados desde el año de 1977 al 2005.

Una vez obtenida la base de datos se aplicaron tres fórmulas para calcular el Índice de Temperatura-Humedad (ITH) de la siguiente manera:

$ITH = 0,81 \cdot T^a + HR \cdot (TA - 14,4) + 46,4$ (Hahn, 1999). Donde T^a = Temperatura ambiente y HR = humedad relativa en decimales.

$ITH = (1,8 T^a + 32) - [(0,55 - 0,55 HR/100) (1,8 T^a - 26)]$ (Valtorta y Gallardo, 1996). Donde HR = Humedad del aire (%) y T^a = temperatura ambiente aire (°C). 3

$ITH = 1.8 \times Ta - (1 - HR) \times (Ta - 14.3) + 32$ (Kibler, 2000). Donde Ta=temperatura ambiente promedio (°C) y HR= humedad relativa promedio expresada en porcentaje

Todos los datos referentes a las variables climáticas, y los obtenidos de la aplicación del ITH fueron sometidos a análisis estadísticos que incluyeron análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple que permitieron definir diferencias estadísticas entre los meses y años que se analizaron.

Los promedios matemáticos mensuales de ITH obtenidos fueron categorizados de la siguiente manera de acuerdo al índice de seguridad medioambiental para el ganado (LWSI) propuesto por Johnson, (1994).

Tabla 1. LWSI propuesto por Johnson

Valor de ITH	Categoría LWSI
70 o menos	Normal
71 – 78	Alerta
79 – 83	Peligro
83 ó más	Emergencia

A partir de estos promedios mensuales se elaboraran los gráficos correspondientes, con el fin de determinar las épocas críticas del año para el óptimo desempeño de los animales.

Sistematización y Análisis de Información.

La sistematización de la información colectada, generación de bases de datos y gráficas se realizaron en **Excel** para Windows 2010; el desarrollo de análisis estadístico descriptivo, prueba de comparación de medias de tukey ($P < 0,05$) y gráficas de línea con marcadores en Excel. Se uso el software Infostat 2010.

Resultados y discusión

Tabla 2. Comparación entre diferentes tipos de ITH

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,27547

Error: 2,3965 gl: 1041

TIPO	Medias	n	E.E.	
Hanhn	75,25	348	0,08	A
Valtorta.	75,03	348	0,08	A
Kibler	74,99	348	0,08	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)


En la tabla 2 se muestra los tres tipos de ITH calculados, y las medias obtenidas desde el periodo de estudio del año 1977 al 2005. Al aplicar la prueba de Tukey para⁴


comparación de medias de los valores de ITH de las formulas empleadas, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre estas ($P \leq 0,05$). Por lo cual se puede afirmar que es válido calcular el ITH con cualquiera de estos índices.


Tabla 3. Definición de épocas de riesgo de padecer estrés por calor

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1977	77,8	76,0	76,6	76,7	75,1	75,0	74,9	76,4	76,5	76,6	78,0	77,6
1978	77,1	77,8	78,0	76,9	76,4	75,0	74,8	73,5	75,4	75,2	77,1	77,8
1979	77,0	78,1	76,5	75,7	74,9	72,3	74,9	75,0	76,5	76,7	76,6	77,6
1980	76,7	77,3	76,5	77,0	74,9	73,6	74,9	76,6	75,9	75,3	77,1	76,5
1981	76,5	76,3	78,0	75,7	78,2	75,7	74,6	75,6	75,1	75,9	77,1	77,6
1982	76,9	76,7	76,4	75,6	74,2	75,3	73,1	73,3	75,8	75,6	75,8	77,3
1983	78,9	78,4	78,9	77,4	77,6	75,9	75,6	74,1	74,9	76,0	77,6	75,7
1984	77,6	76,1	75,7	74,0	75,8	74,2	72,3	73,9	75,2	75,1	75,7	76,6
1985	75,8	74,8	75,1	75,8	74,1	72,4	72,3	73,7	73,8	75,6	75,4	76,3
1986	74,8	75,0	75,2	75,3	75,8	74,3	72,4	73,8	73,7	75,3	75,3	76,5
1987	76,4	75,7	74,8	75,7	75,8	74,2	74,0	75,7	75,3	76,6	75,0	77,0
1988	76,5	77,0	76,7	75,9	76,0	74,5	72,5	75,2	75,3	75,7	75,7	74,9
1989	74,9	74,8	75,6	75,7	74,1	74,0	72,3	73,8	75,4	75,4	77,1	75,8
1990	75,8	76,6	75,4	73,7	74,6	74,5	72,3	73,3	75,1	74,8	73,2	75,2
1991	77,1	75,3	75,6	74,8	75,4	75,0	73,6	71,7	75,2	75,7	75,9	76,7
1992	76,5	77,3	75,1	75,3	75,3	73,2	72,2	73,8	75,1	75,2	75,4	77,0
1993	75,2	75,3	74,2	76,0	75,9	74,4	74,1	74,2	75,3	75,7	75,6	76,4
1994	76,2	76,3	75,7	75,7	75,4	73,6	73,3	73,1	74,5	74,8	74,8	70,1
1995	76,0	75,7	75,2	75,4	75,3	73,7	74,3	74,1	74,0	74,3	75,3	75,2
1996	75,1	73,2	69,0	73,2	73,0	71,7	71,9	73,4	75,1	75,1	75,0	75,0
1997	76,0	74,5	75,7	74,8	73,9	75,3	73,8	73,8	74,7	76,2	76,5	75,9
1998	76,6	76,4	75,2	77,1	75,0	73,6	73,2	74,1	73,9	73,6	75,2	74,5
1999	74,7	74,8	73,0	73,5	73,5	73,3	73,1	72,8	72,8	74,3	75,5	75,7
2000	75,6	74,1	74,7	75,2	75,2	75,2	73,8	73,2	74,9	74,7	75,9	74,7
2001	74,4	74,4	74,9	86,2	75,0	72,2	73,7	73,2	73,0	75,8	74,6	76,4
2002	75,0	75,9	74,8	74,8	75,7	73,6	73,4	74,7	74,6	75,1	76,5	77,1
2003	76,7	74,6	76,3	71,1	76,3	76,1	74,3	75,2	75,7	76,8	76,5	76,7
2004	78,0	76,9	77,0	76,7	75,4	73,5	74,0	74,2	75,1	75,9	76,2	76,8
2005	76,9	74,6	76,5	75,6	76,1	75,2	74,2	75,1	75,4	75,8	72,4	77,3

 : Emergencia (ITH= 83 ó más)

 : Peligro (ITH= 79-83)

 : Alerta (ITH= 71-78)

 : Normal (ITH= 70 ó menos)

En la tabla 3, se muestran los diferentes ITH obtenidos durante el periodo comprendido entre 1977 y 2005, correlacionando estos con la escala de padecer estrés por calor, el índice de seguridad medioambiental para el ganado (LWSI) (Johnson, 1994). Se hace evidente que en los 28 años de estudio el ITH se encontró en la escala de alerta (ITH 71-78) de padecer estrés por calor representando esto el 98.2% del periodo de estudio. Por otra parte tan solo el 0.86% de los meses evaluados se ubicaron en la escala de peligro (ITH= 79-83) correspondientes a los tres primeros meses del año 1973, mientras el 0.57% se encontró en la escala normal (ITH= 70 ó menos), correspondiente al los meses de diciembre y marzo de los años 1994 y 1996 respectivamente. Además cabe destacar que la época que represento el mayor indicador de ITH fue abril de 2001 con un ITH de 86 ubicándose este en la escala de emergencia (ITH= 83 ó más), siendo esto una excepcionalidad ya que solo correspondió al 0.28% del periodo de estudio.

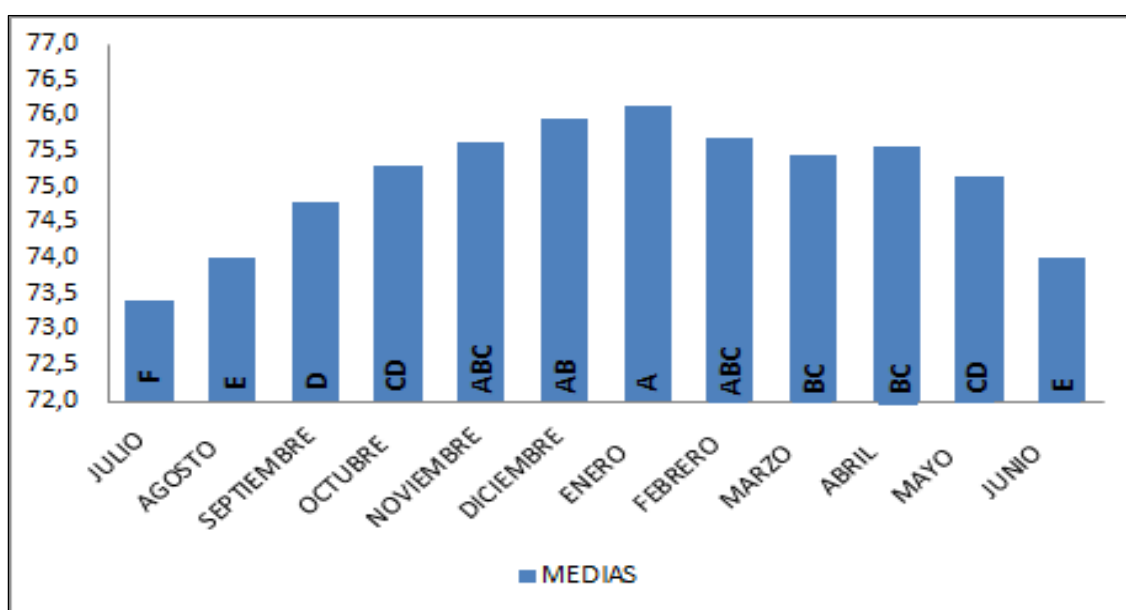


Figura 1.

Análisis entre todos los meses de los 28 años de estudio con aplicación de ITH

Al analizar los datos de la figura anterior (Figura 1) se puede observar que si bien es cierto todos los meses de los 28 años de estudio se encuentran en la escala de alerta (ITH 71-78) de la LWSI, se puede determinar que los meses donde se tiene mas riesgo de padecer estrés por calor son noviembre, diciembre, enero y febrero, al tener los ITH mas elevados durante los últimos 28 años estudiados ($P \leq 0,05$), siendo a su vez enero entre todos los meses el de mayor riesgo de sufrir estrés por calor, coincidiendo esto con las épocas mas calurosas reportadas por el CIMAZ. Por otra parte el mes en el que se tiene el menor riesgo de padecer estrés por calor es julio, seguido de junio ($P \leq 0,05$). Este evento se explica ya que estos meses representan los promedios de temperatura mas frios en el departamento, ya que dada su localización en la Zona de Convergencia Intertropical llegan desde el sur (Continente Antartico) masas de aire frío que cubren el departamento y hacen descender la temperatura hasta los 15 o 17⁶

Estrés calórico y su relación con variables reproductivas en machos bovinos en la Amazonia Colombiana

<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040413/041309.pdf>

°C, pero, dada la fuerte humedad, la sensación de frío es mucho mayor (frío biológico) dando origen a las denominadas "heladas del Brasil" (IDEAM, 2012).

Relación de ITH con parámetros seminales en toros Cebuinos

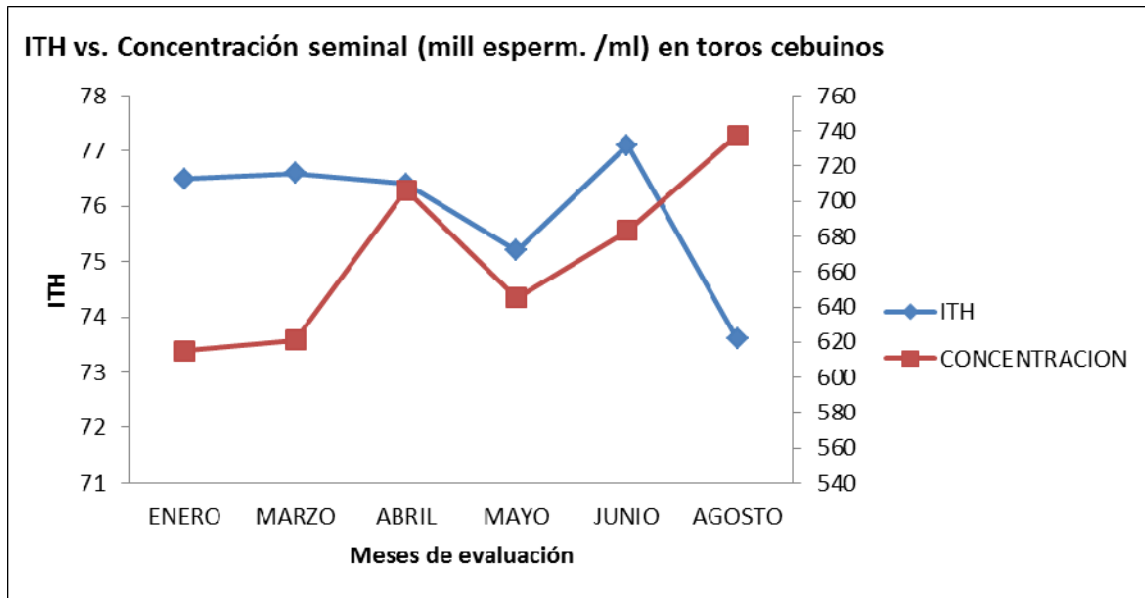


Figura 2. Comparación de influencia del ITH con respecto a la concentración seminal

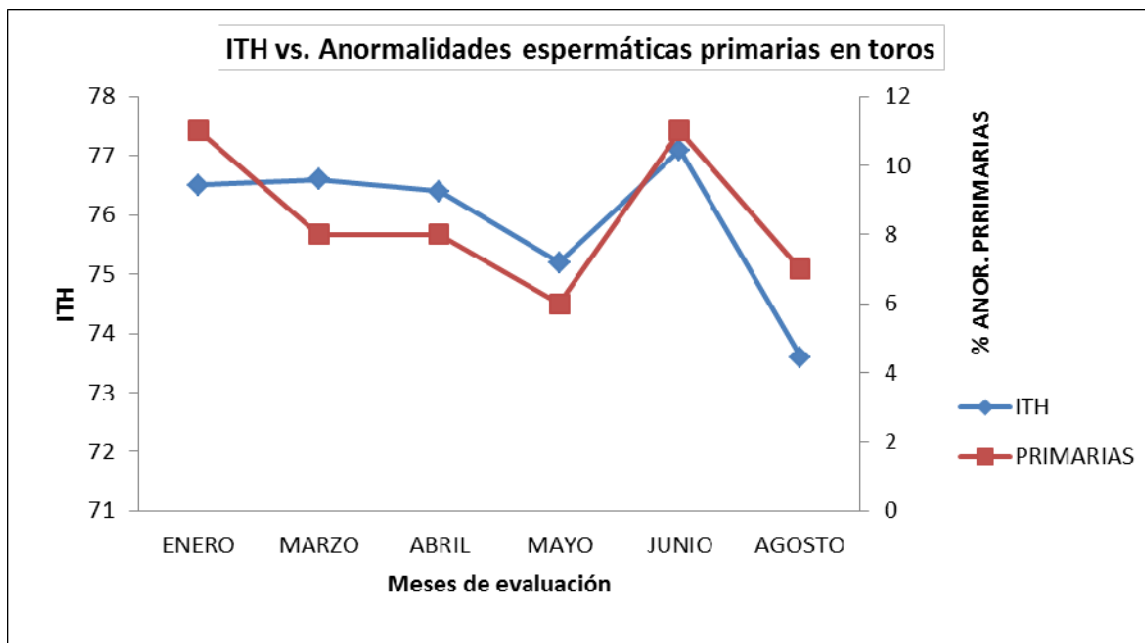


Figura 3 Comparación de influencia del ITH con respecto a anomalidades primarias

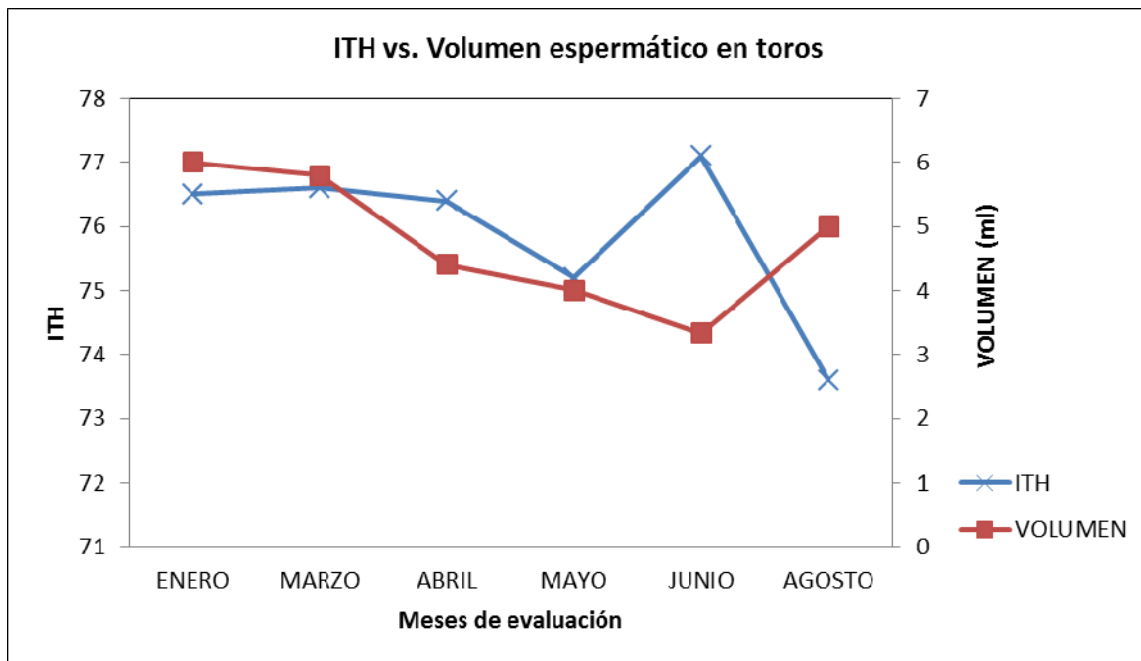


Figura 4 Comparación de influencia del ITH con respecto a volumen

En las figuras anteriores se aprecian diferentes evaluaciones seminales de toros Cebuinos tomando como referencia parámetros como; concentración, anomalías primarias y volumen, comparadas con ITH correspondiente a dos meses anteriores a la colecta seminal ya que se debe tener en cuenta además de la temperatura del día de la colecta, la temperatura promedio de los días previos y especialmente cuando los espermatozoides se encuentran en su última fase de maduración a nivel del epidídimo, es decir los 60 días anteriores que involucran todo un ciclo de espermatogénesis (Fuerstet *et al*, 2006).

En lo que respecta a la **Figura 2** se puede observar que a medida que incrementa el ITH la concentración espermática disminuye, ocurriendo lo contrario cuando el ITH disminuye, ya que la concentración espermática aumenta, a su vez se hace evidente que la concentración se vio más afectada en los primeros meses del año coincidiendo esto con las épocas de mayor riesgo de padecer estrés por calor, por el contrario se ve favorecida en los meses de mayo a agosto, época que constituye el menor riesgo de padecer estrés térmico. Caso similar ocurre en los parámetros tanto de anomalías primarias como de volumen que se aprecian en las **figuras 3 y 4** respectivamente. Cabe destacar que la influencia del ITH sobre el volumen no fue constante, ya que como lo reporta Bastidas *et al* (1990) la interrelación existente entre variables fisiológicas tales como temperatura rectal y frecuencia respiratoria inciden positivamente en el volumen del eyaculado. Por el contrario en el caso de las anomalías espermáticas, el ITH tuvo una influencia más constante, ya que en estas se genera un incremento como consecuencia de las altas temperaturas ambientales (Austin *et al.*, 1961,8

Casadayet *al.*, 1953, Jhonstonet *al.*, 1963, Ross y Entwistle, 1979), esto ultimo ocasionado principalmente por el deterioro de la membrana del espermatozoide, debido a que el estrés por calor afecta su afinidad, alterando así su constante disociación (Axet *al.*, 1987).

Los resultados de los parámetros seminales obtenidos en este estudio así como la influencia del ITH sobre estos, se correlacionan directamente, debido a que factores ambientales como temperatura y humedad influyen en la reproducción del macho pudiendo afectar tanto la calidad seminal como la libido. Por tanto las temperaturas corporales elevadas durante periodos calurosos ambientales o causados por pirexia ocasionan degeneración testicular y reducen el porcentaje de espermatozoides normales y fecundos en el eyaculado. A su vez para Hafez y Hafez (2000), los bovinos sometidos a altas temperaturas ambientales presentan menor calidad seminal puesto que los espermatozoides en desarrollo en los testículos en el momento del calentamiento experimentan daños (como muerte y falta de cola), mientras los espermatozoides epididimarios no son afectados.

Por otra parte autores como Mathevon *et al* (1998) reportan que los efectos del estrés por calor en el macho reproductor, tienen repercusión en parámetros seminales tales como: concentración, número de espermatozoides y células móviles siendo estos más bajos en verano que en invierno y primavera, así mismo Nichi *et al.* (2006), reportaron alto porcentaje de espermatozoides con defectos mayores durante el verano con respecto al invierno.

Por consiguiente el principal mecanismo por medio del cual el estrés calorico puede dar lugar a una inadecuada calidad seminal se basa en la hormona conocida como CRH – factor liberador de la hormona corticotropa (ACTH), el cual desencadena la cascada del estrés con acciones de tipo inhibitorio tanto a nivel testicular como central con la inhibición de la hormona LH (Dufau, 1993).

El CRH es secretado a nivel hipotalámico, pero en situaciones estresantes también es producido por las células intersticiales o de Leydig a nivel testicular (iniciado por Serotoninas), actuando en los receptores en la membrana de las células de Leydig como un potente regulador negativo para la LH cuyos principales receptores se encuentran en estas células intersticiales, dando lugar a un bloqueo por medio de una proteína kinasa C como respuesta al estrés. Así se impide la producción de andrógenos por dichas células, recordando el papel fundamental que la testosterona y la dihidrotestosterona ejercen a nivel de la espermatogénesis. Las células de Sertoli, en su actividad de moldeadoras y activadoras de las células primordiales (Espermatogonias en adelante), requieren como hormonas de estímulo tanto la hormona FSH como los andrógenos mencionados. En caso de que algo de este mecanismo falle, la consecuencia se ve reflejada en la cantidad y calidad de espermatozoides producidos (Dufau, 1993). Es así como el estrés calórico, sumado a la humedad, impiden que los mecanismos termorreguladores del toro sean capaces de mantener un equilibrio que no afecte la calidad seminal (Chacón, 2001, Brito *et al.*, 2002). De tal manera que una inadecuada termorregulación que persista en el tiempo,

puede dar lugar a alteraciones en las características del tejido testicular conocida como degeneración testicular (Brito *et al.*, 2004).

En conclusión de acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio se puede afirmar que los bovinos en la región amazónica están expuestos a padecer estrés por calor durante todo el año ($P \leq 0,05$) ubicándose la región en la escala de Alerta (ITH 71-78) de la LWSI, representando noviembre, diciembre, enero y febrero la época de mayor riesgo al tener los ITH más elevados ($P \leq 0,05$). Entre estos meses enero es el de mayor riesgo, caso contrario ocurre en julio donde se presenta el ITH más bajo siendo esta la época de menor riesgo de padecer estrés por calor al presentar las temperaturas más bajas en el año como consecuencia de las heladas del Brasil. A su vez se pudo evidenciar la influencia negativa que tiene el ITH sobre la calidad seminal específicamente sobre la concentración, anomalías primarias y volumen, ya que a medida que aumento el ITH se vieron afectadas estas variables, resultados que coincidieron con las épocas de riesgo determinadas en el estudio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la universidad de la Amazonia por los años de formación brindada, además de permitirnos disponer de los datos climatológicos generados en la estación meteorológica el CIMAZ de la granja experimental Macagual, aportes valiosos para el desarrollo de esta investigación.

Bibliografía

- Austin, 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.
- Ax, R. L. G. R. Gilbert y G. E. Shook. 1987. Sperm in poor quality semen from bulls during heat stress have a lower affinity for binding hydrogen-3 heparin. J. DairySci., 70:195-200.
- Bastidas, P., D. W. Forrest. R. P. del Vecchio y R. D. Randel. 1990. Biological and immunological luteinizing hormone activity and blood metabolites in postpartum Brahman cows. J. Anim. Sci. 68:277-2778
- Beede D.K., Collier R.J. 1986. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. J AnimSci 62, 543-554
- Brito LF, Silva AE et ál. Testicular thermoregulation in Bosindicus, crossbred and Bostaurus bulls: relationship with scrotal, testicular vascular cone and testicular morphology, and effects on semen quality and sperm production. Theriogenology 2004; 61 (2-3): 511-28.
- Brito LF, Silva AE et ál. Effects of environmental factors, age and genotype on sperm production and semen quality in Bosindicus and Bostaurus AI bulls in Brazil. AnimReprodSci 2002; 70 (3-4): 181-90
- Casaday, R. B., R. M. Myers y J. E. Legates. 1953. The effect of exposure to high ambient temperatura on spermatogenesis in the dairy bull. J. Dairy Sci., 36:14-19.

- Chacon J. Assessment of sperm morphology in zebu bulls, under field conditions in the tropics. *ReprodDomestAnim* 2001; 36 (2): 91-9.
- Dufau ML, Tinajero JC et ál. Corticotropinreleasing factor: an antireproductive hormone of the testis. *FASE B J* 1993; 7 (2): 299-307
- Du Preez J.H., Giesecke W.H., Hattingh P.J., (1990); Heat Stress in Dairy Cattle and other livestock under Southern African Conditions. I. Temperature - Humidity Index mean values during the four main seasons. *Onderstepoort J. Vete. Res.* 57; 77 – 87.
- Fuerst-Waltl B, Schwarzenbacher H et ál. Effects of age and environmental factors on semen production and semen quality of Austrian Simmental bulls. *AnimReprodSci* 2006; 95 (1-2): 27-
- Hafez E.S.E. y Hafez B. 2000. Reproducción e inseminación artificial en animales. Séptima Edición. Editorial Mc Graw Hill Interamericana. México DF. 293pp..
- Hahn, G.L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Dairy Sci.* 77(supl 2):10-20
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. [IDEA - Climatografía de la principales ciudades](#). [Citado 13 de septiembre de 2012]. Disponible en URL: <http://bart.ideam.gov.co/cliciu/floren/temperatura.htm>.
- Johnson, H.D. 1994. Animal physiology. *In Handbook of Agricultural Meteorology*. Ed. John Griffiths, New York.
- Jhonston, J. E., H. Naelapaa y J. B. Frye Jr. 1963. Physiological responses of Holstein, Brown Swiss and Red Sindhi crossbred bulls exposed to highttemperaturas and humidities. *J. Anim. Sci.*, 22-432-437.
- Lacetera, N., Bernabucci, U., Ronchi, B., Nardone, A., 2003. Physiological and productive consequences of heat stress. The case of dairy ruminants. In: Lacetera, N., Bernabucci, U., Khalifa, H.H., Ronchi, B., Nardone, A. (Eds.), *Proc. of the Symposium on Interaction between Climate and Animal Production: EAAP Technical Series, No. 7*, pp. 45–60. Viterbo, 4 Settembre.
- Macaulay A.S., Hahn G.L., Clark D.H. and Sisson D.V., (1995) ; Comparison of Calf Housing Types and Tympanic Temperature Rhythms in Holstein Calves. *JornalKairy Sci.* 78 : 856-862
- Mathevon, M., Buhr, M.M., Dekkers, J.C.M., 1998. Environmental, management, and genetic factors affecting semen production in Holstein bulls. *J. DairySci.* 81, 3321–3330.
- Nichi M, Bols PE et ál. Seasonal variation in semen quality in Bosindicus and Bos Taurus bulls raised under tropical conditions. *Theriogenology* 2006; 66 (4): 822-828.
- Ravagnolo O, Misztal I, Hoogenboom G. Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. *J Dairy Sci* 2000; 83:2120-2125.
- Rivier, C. and S. Rivest. 1991. Effect of stress on the activity of the hypothalamic-pituitary-gonadal axis: peripheral and central mechanisms. *Biol. Reprod.*, 45: 523-532.

- Ross, A. Dy 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.
- Shearer, J.K.; Bray, D. 1995. Manteniendo la salud de la ubre y la calidad de la leche durante periodos calurosos. Hoard's Dairyman (Abstract). 1(7):643.
- Valtorta, S. y Gallardo, M. 1996. El estrés por calor en producción lechera. pp 173-185. In Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. Miscelánea N°81.

REDVET: 2013, Vol. 14 N° 4

Recibido 16.11.2012 / Ref. prov. NOV1217B_RED VET / Aceptado 03.03.2013 / Ref. def. 041309_RED VET / Publicado: 01.04.2013

Este artículo está disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040413.html>
concretamente en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040313/041309.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>