

PARÁMETROS DE CALIDAD SEMINAL Y SU RELACIÓN CON LAS VARIABLES MEDIOAMBIENTALES EN OVINOS BAJO CONDICIONES DE TRÓPICO ALTO COLOMBIANO

SEMINAL QUALITY PARAMETERS AND ITS RELATIONSHIP WITH ENVIRONMENTAL VARIABLES IN RAMS UNDER COLOMBIAN HIGH TROPIC CONDITIONS

Lozano-Marquez H.^{1*}, Carvajal-Serna M.², Manrique Perdomo C.², Grajales-Lombana H.A.²

¹Departamento de Salud Animal. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. *hlozanom@unal.edu.co.

²Departamento Producción Animal. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

Keywords: Andrology; Environmental effects; Humidity; Local breed; Maximum temperature.

Palabras clave: Andrología; Efectos ambientales; Humedad; Ovinos criollos; Temperatura máxima.

ABSTRACT

Twenty Creole, Romney Marsh, Hampshire and Corriedale rams, aged 2-3 years, were monthly collected with artificial vagina during one year, to evaluate determine changes in seminal quality and their relationship with environmental variables under High-Colombian Tropic conditions. The rams were subjected to 3 consecutive collections monthly, and semen quality was evaluated for volume, concentration, mass motility, progressive individual motility, live sperm and normal morphology; Environmental variables maximum temperature, minimum temperature, relative humidity (RH), rainfall millimeters and radiation were evaluated in a daily basis. Maximum temperature and humidity have significant effect ($p < 0.05$) on the variables of volume, concentration, progressive individual motility, live and morphologically normal sperm. Volume (1.2 ± 0.2 ml for Creole, 1.3 ± 0.2 for Romney Marsh, 1.4 ± 0.2 for Hampshire; 1.3 ± 0.2 for Corriedale), and sperm concentration ($3876 \pm 403 \times 10^6$ for Creole; $3936 \pm 424 \times 10^6$ for Romney Marsh; $4055 \pm 231 \times 10^6$ for Hampshire; $4017 \pm 373 \times 10^6$ for Corriedale) were significantly different ($p < 0.05$) between breeds. Similarly, volume and concentration, showing a significant decrease between collections. A 2% overall viability decrease was observed in November and December 2012 and May and June 2013, probably related to higher values of maximum temperature (25°C) and relative humidity (RH) above 84%. Association between high temperature and high RH affects semen quality via difficulty in thermoregulation, increasing the subcutaneous temperature.

RESUMEN

Veinte machos de los tipos raciales Criollo, Romney Marsh, Hampshire y Corriedale, con una edad de 2-3 años, fueron mensualmente colectadas con vagina artificial durante un año, con el objetivo de determinar los cambios en la calidad seminal y su relación con las variables ambientales bajo condiciones de Trópico Alto Colombiano. Se realizó 3 colectas consecutivas cada mes, y la calidad seminal fue evaluada para volumen, concentración, motilidad masal, motilidad individual progresiva, espermatozoides vivos y normalidad morfológica; se monitoreó diariamente el comportamiento de las variables ambientales de temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa, precipitación y radiación. Se observó, que la temperatura máxima y humedad tienen efecto significativo ($p < 0,05$) sobre las variables de volumen, concentración, motilidad individual progresiva, espermatozoides vivos y normalidad morfológica. Se presentan diferencias ($p < 0,05$) entre razas, para el volumen ($1,2 \pm 0,2$ ml para Criolla; $1,3 \pm 0,2$ para Romney Marsh; $1,4 \pm 0,2$ para Hampshire; $1,3 \pm 0,2$ para Corriedale), y la concentración espermática ($3876 \pm 403 \times 10^6$ para Criollo; $3936 \pm 424 \times 10^6$ para Romney Marsh; $4055 \pm 231 \times 10^6$ para Hampshire; $4017 \pm 373 \times 10^6$ para Corriedale). De igual forma, se presentan una disminución ($p < 0,05$) entre las tres colectas consecutivas para volumen y concentración. La viabilidad presentó disminución del 2 % en los meses de noviembre y diciembre del 2012 y mayo y junio del 2013, probablemente relacionado a valores superiores de 25°C de temperatura máxima y humedad relativa

superior al 84 %. La relación entre altas temperaturas y humedad relativa afecta a calidad seminal dificultando la termorregulación, incrementando la temperatura de la superficie escrotal.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, una alta proporción de la población ovina de Colombia se encuentra en zonas que superan los 2400 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), principalmente representada por tipos raciales con cubierta de lana. Alrededor del 10 % de los ovinos con cubierta de lana son razas introducidas que han llevado un proceso de adaptación a las condiciones ambientales del país durante más de 60 años (Arévalo and Correa, 2013). El principal objetivo de la producción ovina se direcciona al abastecimiento de carne, teniendo como subproducto general la lana producida, sin ningún tipo de clasificación o caracterización, en sistemas bajo condiciones de pastoreo (González *et al.*, 2011). La adaptación animal a las condiciones medioambientales son factor clave en el éxito de los sistemas de producción del trópico (Balara *et al.*, 2015). Los ovinos en el trópico pueden reproducirse a través del año, pero limitaciones alimenticias, contribución de fibra y disponibilidad de forraje impactan en la habilidad natural de los ovinos para reproducirse, además de incrementar los rangos de mortalidad y morbilidad en los corderos (Mukasa-Mugerwa *et al.*, 2002). Por otro lado, diversos factores ambientales y geográficos pueden tener efecto significativo en los sistemas de producción, y se demuestra que existe una fuerte relación entre las condiciones agroecológicas y la producción ovina (Dias e Silva *et al.*, 2016). Teniendo en cuenta estas consideraciones, la temperatura ambiental, la humedad, la radiación solar, los milímetros de lluvia, entre otros, pueden ser “estresores ambientales” que afectan las características de calidad del eyaculado y de esta manera pueden afectar el desempeño productivo, en variables como el crecimiento, la producción de leche y, de interés particular para esta investigación, la reproducción (Arrébola *et al.*, 2016; Gomes da Silva, n.d.; Seo *et al.*, 2010).

Para el siglo 21 se plantea un incremento en la demanda de productos de origen animal, que cubra las necesidades de alimentos de la creciente población. Sobre este mismo siglo se experimentarán cambios en el clima global que pueden causar un impacto significativo en la producción agropecuaria local. La conclusión del grupo de trabajo I del panel intergubernamental en cambio climático (IPCC, 2007), plantea el calentamiento del aire en la superficie para el siglo 21 con un rango estimado de 1.1 a 2.9 °C para un escenario bajo, y de 2.4 a 6.4 °C en un escenario alto (Nardone *et al.*, 2010). El pronóstico anterior ha generado mayor interés en el conocimiento de un Índice de Temperatura Humedad – ITH en las diferentes regiones del planeta (Al-Kanaan *et al.*, 2015; Finocchiaro *et al.*, 2005; Malama *et al.*, 2013; Rasooli *et al.*, 2010; Srikandakumar *et al.*, 2003). De acuerdo a estos escenarios planteados, Seo *et al.* (2010) mediante simulaciones climáticas pronostica un incremento en la selección de sistemas productivos ovinos, por parte de los campesinos en un 7 %, especialmente en los países de la región Andina como Chile, Colombia, Ecuador y Venezuela, debido a la capacidad de tolerar climas extremos por parte de esta especie (Seo *et al.*, 2010).

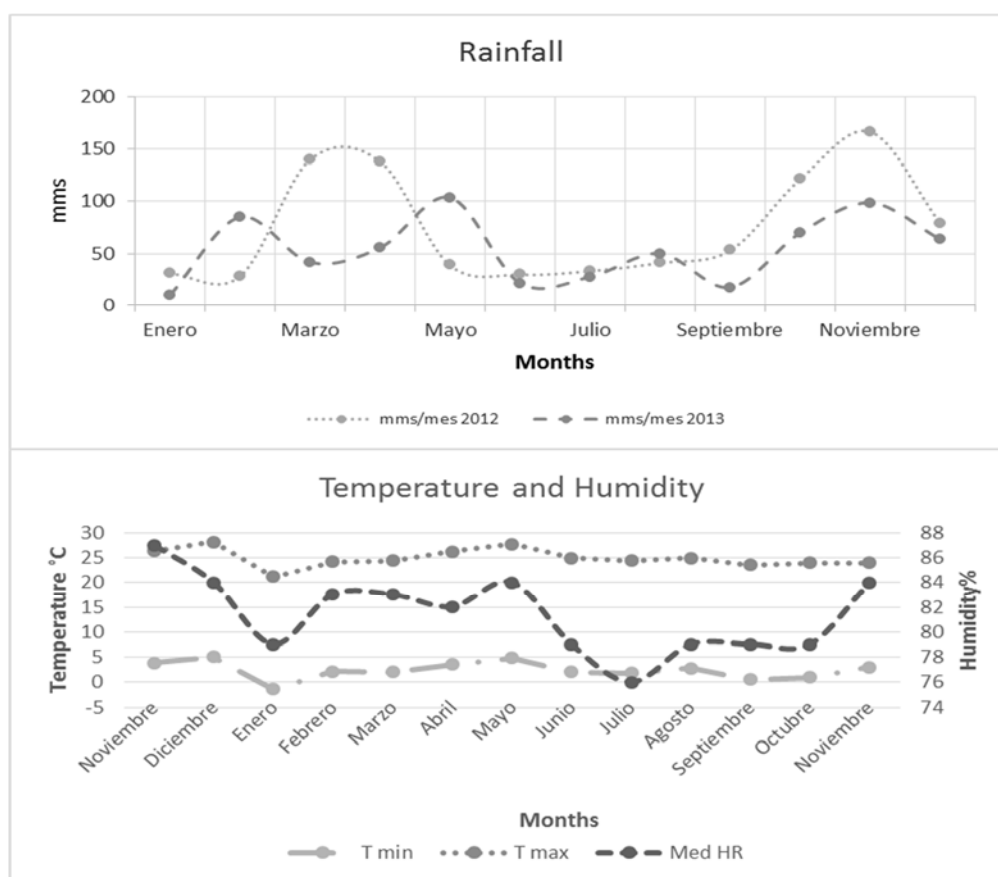
En el presente marco de cambio climático, existen innúmeros factores “estresores”, exceptuando estrés calórico, que afectan el sistema productivo y su eficiencia. La proyección del cambio climático impacta directamente la capacidad de la pastura, especialmente en los periodos de sequía y el animal está sujeto a deficiencia nutricional tanto en cantidad como en calidad (Sejian *et al.*, 2010). Aunque el estudio del efecto ambiental en la producción y reproducción ovina de países bajo condiciones de Trópico ha sido poco, se ha demostrado que las condiciones térmicas del medio ambiente productivo influye en el desempeño reproductivo y productivo de hembras ovinas de las razas Santa Inés y Morada Nova en las regiones áridas y semiáridas de Brasil, y su efectos es más importante que otros factores estresores como la limitada condición nutricional o el tipo de gestación que presenten las hembras, sugiriendo que no existe un impacto acumulativo de los diferentes factores estresores (Dias e Silva *et al.*, 2016). En los ecosistemas de Colombia, las zonas que superan los 2400 m.s.n.m., se caracterizan por tener un rango de temperatura desde los -4 °C hasta 22 °C, con dos temporadas secas y dos de lluvia a través del año, generalmente los meses secos diciembre-enero-febrero y junio-julio. Es fundamental confirmar científicamente si hay diferencias en la calidad seminal de los machos bajo condiciones de países no estacionales. Estos esfuerzos son necesarios para proveer una base de información relacionada al impacto ambiental sobre la reproducción, para sugerir alternativas que mejoren las condiciones nutricionales, poder incrementar la cantidad de corderos nacidos por año y los beneficios

económicos de los productores de Colombia. El conocimiento de la fisiología reproductiva bajo condiciones de trópico y sin estacionalidad es fundamental para aplicar todos los conceptos en beneficio de mejoramiento genético de los ovinos, además de las condiciones de producción. El objetivo de este estudio fue determinar los cambios en la calidad seminal y su relación con las variables ambientales de Temperatura y Humedad relativa a través del año en cuatro tipos raciales ovinos bajo condiciones de trópico alto colombiano.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación y unidades experimentales

El estudio se realizó en la unidad experimental del Centro de Investigación, Desarrollo Tecnológico y Extensión Ovina - CIDTEO, de la Universidad Nacional de Colombia, con una altura de 2650 m.s.n.m. y su ubicación geográfica es 4° 42' latitud norte y 74° 12' longitud Este, Mosquera, Cundinamarca. Los datos meteorológicos registrados a través de del año de seguimiento se presentan en la Figura 1. El rango de temperatura ambiental se presentó entre 4,1 °C y 22,5 °C, mientras que el rango de humedad relativa fue de 79 a 87 %. La variación mensual de lluvias fue de 27 mm (enero, julio) y 150 mm (abril, noviembre). Se utilizaron 20 machos, con edades entre 18 y 24 meses al momento del inicio de la prueba, 5 machos para cada tipo racial en el estudio. Los animales pertenecen a los tipos raciales Criollo (nativa de Colombia) y 3 tipos raciales introducidos Hampshire, Corriedale y Romney Marsh. Los machos provenían de diferentes regiones de zonas altas de Colombia, llegaron al CIDTEO, cerca de 6 meses antes del inicio del experimento y con una edad entre 8 a 12 meses. Se mantuvieron en pastoreo y cada animal recibió 100 gr de suplemento concentrado mezclado con 120 gr de silo, 20 gr de sales minerales y agua a voluntad.



Figuras 1 y 2. Patrón de lluvias y rangos de temperatura y humedad en el CIDTEO. Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales de Colombia – IDEAM. Estación meteorológica 21205420 – Tibaitatá, Mosquera, Cundinamarca (4°41'29" N 74°12'32" W) (*Pattern of rains, and temperature and humidity ranges in the CIDTEO. Source: Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies of Colombia - IDEAM. Weather station 21205420 - Tibaitatá, Mosquera, Cundinamarca (4 ° 41'29 "N 74 ° 12'32" W).*)

Evaluación de las características seminales

Los machos fueron entrenados para eyacular con vagina artificial antes del inicio del estudio con el apoyo de una hembra estrogenizada. Se obtuvieron tres eyaculados consecutivos (denominados Colecta 1, 2, 3) de forma individual con un intervalo máximo entre colectas de 15 minutos, una vez cada mes durante 13 meses (periodo completo anual). El eyaculado se transfirió inmediatamente al laboratorio, fue puesto en baño maría a una temperatura de 35 °C y se realizaron las siguientes pruebas: (1) Volumen total en tubos graduados con 0,1 ml de intervalo visible, (2) Motilidad (Masal: el semen fue evaluado en su movimiento en ola según el grado subjetivo en una escala de 1 a 5, donde 1 representaba el menor movimiento en ola y 5 representaba un movimiento en ola vigoroso; y motilidad progresiva en porcentaje), (3) Concentración Masal determinada con el uso de un espectrofotómetro estándar con longitud de onda de 540 nm, (4) La proporción de espermatozoides vivos y muertos (Vitalidad) usando técnicas de tinción estándar de Eosina-Nigrosina por conteo de al menos 200 células con aceite de inmersión en objetivo (100X) en campos aleatorios, al igual que la cuantificación de espermatozoides con morfología normal. Los espermatozoides anormales fueron clasificados según: anomalías de cabeza, de la pieza media o cola y espermatozoides con gota citoplasmática próxima, distal y cabezas sueltas (Barril *et al.*, 1993). Todas las evaluaciones fueron realizadas por la misma persona para disminuir el error de lectura al ser una variable de calificación subjetiva. El protocolo de colecta de semen con vagina artificial desarrollado para el experimento fue aprobado por el Comité de Bioética de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia (Acta: CB-074-2014).

Análisis estadístico

Se realizó una prueba de ANOVA para identificar las diferencias significativas en las características de la calidad seminal usando un modelo lineal generalizado (GLM) para evaluar las diferencias entre los tipos raciales. Se realizó un modelo de regresión para cada tipo racial basado en los parámetros de calidad seminal y las variables medioambientales (temperatura máxima, temperatura mínima y humedad relativa).

RESULTADOS

En la tabla I se presentan las características de calidad seminal en función de cada tipo racial y las diferencias entre periodos o colectas.

Tabla I Características seminales evaluadas en los 12 meses del año en machos. Los datos se presentan como medias \pm SD (*Males seminal characteristics evaluated along the year. Data are presented as means \pm SD*)

Raza	N	COLECTA	Volumen (ml)	Concentración ($\times 10^6$ /ml)	Masal Motilidad	Motilidad Progresiva	Vitalidad	Morfología Normal
Criolla	60	1	1,3 \pm 0,2 ^a	3927 \pm 439 ^a	4,4 \pm 0,1	88,97 \pm 3,1	82,67 \pm 2,1	87,23 \pm 0,8
	60	2	1,2 \pm 0,2 ^b	3876 \pm 403 ^b	4,4 \pm 0,1	88,61 \pm 3,9	82,96 \pm 1,7	87,07 \pm 0,9
	60	3	1,1 \pm 0,2 ^c	3823 \pm 408 ^c	4,4 \pm 0,1	88,74 \pm 3,4	82,13 \pm 2,0	86,90 \pm 0,9
Romney Marsh	60	1	1,4 \pm 0,2 ^a	3976 \pm 226 ^a	4,4 \pm 0,1	89,29 \pm 2,3	83,2,503 \pm	87,35 \pm 0,9
	60	2	1,3 \pm 0,2 ^b	3936 \pm 424 ^a	4,3 \pm 0,1	89,18 \pm 2,6	82,73 \pm 2,6	87,32 \pm 1,0
	60	3	1,2 \pm 0,3 ^b	3859 \pm 422 ^b	4,3 \pm 0,2	89,03 \pm 2,1	82,98 \pm 2,7	87,08 \pm 1,0
Hampshire	60	1	1,5 \pm 0,2 ^a	4092 \pm 226 ^a	4,3 \pm 0,2	87,69 \pm 4,2	82,56 \pm 2,5	87,21 \pm 0,9
	60	2	1,4 \pm 0,3 ^a	4055 \pm 231 ^a	4,4 \pm 0,1	88,30 \pm 3,7	82,75 \pm 2,5	87,23 \pm 0,9
	60	3	1,3 \pm 0,3 ^b	3992 \pm 193 ^b	4,4 \pm 0,1	88,15 \pm 3,9	82,73 \pm 2,7	87,23 \pm 1,1
Corriedale	60	1	1,4 \pm 0,2 ^a	4010 \pm 382 ^a	4,3 \pm 0,3	88,15 \pm 3,3	82,92 \pm 2,1	87,36 \pm 1,2
	60	2	1,3 \pm 0,2 ^b	4017 \pm 373 ^a	4,4 \pm 0,2	88,46 \pm 4,0	82,65 \pm 2,1	87,14 \pm 1,1
	60	3	1,1 \pm 0,2 ^c	3920 \pm 351 ^b	4,3 \pm 0,2	87,38 \pm 7,1	82,35 \pm 2,5	87,03 \pm 1,4
Efecto RAZA			p<0,05	p<0,05	NS	NS	NS	NS
Efecto del PERIODO			p<0,05	p<0,05	NS	p<0,05	p<0,05	p<0,05

^{a,b,c} Efecto significativo entre colectas. NS: No significativo

Se evidencio un efecto significativo de la raza para las variables de volumen y concentración, donde la raza Hampshire presenta el valor más alto de concentración ($4009,66 \times 10^6/\text{ml}$) y la raza Criolla presentando el menor ($3875,33 \times 10^6/\text{ml}$).

De la misma forma, los parámetros de volumen y concentración disminuyen significativamente entre las colectas sucesivas en un corto periodo de tiempo. Los parámetros de motilidad masal, motilidad progresiva, espermatozoides vivos y normales no fueron afectados por el efecto de la colecta, al igual que no se presentaron diferencias entre tipos raciales.

Tabla II. Media y Desviación estándar de los valores de Motilidad progresiva, Vitalidad y Morfología Normal (*Mean and Standard deviation of the values of Progressive Motility, Vitality and Normal Morphology*).

	Feb-mar-abr	May-jun	Ago-sep-oct	Nov-dic
Motilidad progresiva	89,83±0,82	87,34±1,79	89,33±0,75	85,09±3,08
Vitalida	94,12±0,30	91,46±0,82	93,42±0,48	91,23±0,49
Morfología Normal	89,89±0,99	91,78±0,78	90,08±0,25	86,54±2,07

Tabla III. Resumen del análisis de regresión para cada raza (*Summary of the regression analysis for each breed*).

		R ²	Lluvias		Tem. Max		Humedad	
			Estimado r	Pr > F	Estimado r	Pr > F	Estimado r	Pr > F
Criolla	Volumen	0,2611	0,00227	0,0079	-0,14239	0,0195	-0,05233	0,0134
	Concentración	0,5017			-384,461	<0,0001	-550,352	<0,0001
	Vitalidad	0,3185			-0,84428	<0,0001	-0,38004	0,0203
Romney Marsh	Concentración	0,3439			-337,909	0,0001	-85,28034	0,0008
	Motilidad Masal	0,1326					-0,04464	0,0029
	Motilidad Progresiva	0,135					-0,66866	0,0026
	Vitalidad	0,2753					-0,37468	<0,0001
Hampshire	Concentración	0,2903			-199,955	0,0001	-21,89616	0,0078
	Motilidad Masal	0,1869			-0,14586	0,0026	-0,02908	0,047
	Motilidad Progresiva	0,1865			-2,84634	0,0311	-0,51692	0,0039
	Vitalidad	0,4363			-1,94065	<0,0001	0,62539	0,0001
	Morfología Normal	0,2211	-0,01686	0,0022			0,038953	0,012
Corriedale	Concentración	0,4021			-314,8998	<0,0001	-89,20095	<0,0001
	Motilidad Masal	0,0725					-0,02093	0,0253
	Motilidad Progresiva	0,0703					-0,41278	0,0276
	Vitalidad	0,2769			-1,84874	<0,0347	-0,91135	<0,0001
	Morfología Normal	0,2146	-0,01617	0,0008			0,34913	0,0332

El efecto del periodo de colecta fue significativo para todos los parámetros de calidad seminal, salvo la motilidad masal, teniendo en cuenta dentro del periodo el mes evaluado, en términos de las variaciones climáticas observadas. Aunque desde el punto de vista de evaluación de la calidad seminal, todos los machos evaluados en las diferentes épocas del año, clasificarían con satisfactorio en calidad, se observa que, entre los meses de febrero, marzo y abril, y entre agosto, septiembre y octubre presentan diferencias con los meses de

mayo y junio, y de noviembre y diciembre (tabla II). Se presenta una variación de un 2 % en la vitalidad, al igual que se presenta una disminución en la morfología normal en los meses de mayo y junio, probablemente asociado a los cambios en las variables ambientales marcados en estos meses, que corresponden a las temperaturas más altas registradas con 23 °C para mayo y junio y humedad relativa de 84 % y 79 % para mayo y junio respectivamente. Los meses de febrero, marzo, abril, agosto, septiembre y octubre la temperatura fue de 22,3 y la humedad inferior a 83 %.

Se realizó un modelo de regresión donde la temperatura máxima, y la humedad relativa que reflejan su efecto sobre los parámetros de calidad seminal (tabla III). La temperatura mínima, o los milímetros de lluvia presentaron un efecto mínimo o no presentaron efecto. Se observa que la temperatura y la humedad relativa afectan el volumen, la concentración y el porcentaje de vitalidad en el tipo racial Criollo. Con respecto a los tipos raciales introducidos, las variables ambientales afectan la calidad seminal en todos los parámetros de calidad evaluados.

DISCUSIÓN

Debido a su posición geográfica, Colombia no pertenece a países en los que la situación por la latitud genera disminución en la duración del día y no se considera un país de estaciones. En consecuencia, los cambios en el fotoperiodo no son evidentes a lo largo del año. Sin embargo, dos periodos de lluvias de abril a mayo y de octubre a noviembre y dos períodos secos, de junio a agosto y de diciembre a febrero tienen lugar allí. Los fenómenos ambientales tropicales conocidos como fenómeno del niño y de la niña, además del cambio climático, perturban el comportamiento esperado de las lluvias en diferentes regiones del mundo. Por lo tanto, es posible que como consecuencia del cambio climático el régimen bimodal de lluvias que venía experimentando el país, en la zona andina, se pierda y sea más difícil tener predicción con alguna precisión de las variaciones ambientales (IPCC, 2007). Suponer la aplicación de un Índice de Temperatura y Humedad, además de la adaptación de este a las condiciones ambientales de cada región, sería clave para mejorar la producción y reproducción ovina en el país.

Se observó un efecto importante de la colecta sobre el volumen y la concentración de semen. Las colectas consecutivas implican un efecto significativo sobre la concentración y el volumen, pero es un proceso esperado debido al agotamiento del reservorio epididimal, y dicho efecto se observó por igual sin importar el tipo racial. Lo reportado se ha observado de forma similar en otras especies (Ibrahim, 1997; Snowden *et al.*, 2004).

La disminución en las variables de Motilidad y Vitalidad durante el mes de mayo y junio, coinciden con unos fuertes cambios en las variables ambientales evaluadas. El efecto de las altas temperaturas y la humedad relativa sobre la calidad del semen de los cuatro grupos evaluados durante todo el año, es evidente. Por lo tanto, la temperatura del medio ambiente y la calidad seminal se correlacionan; sin embargo, otros autores sugieren que el efecto de la lluvia o disponibilidad del agua sobre la calidad seminal debe tenerse en cuenta (Abecia *et al.*, 2016). Estos meses fueron una época de transición entre la precipitación y el inicio de la sequía, teniendo altos valores de temperatura máxima (por encima de 23 °C) y humedad relativa (por encima del 84 %), o bajos valores de temperatura máxima sin que superen los 22 °C, pero con un significativo incremento de la humedad. Se ha observado que baja temperatura y alta precipitación son perjudiciales para la tasa de fertilidad después de la IA en cabras Murciano-Granadina (Arrébola *et al.*, 2016), y altas temperaturas y baja precipitación son favorables a las tasas de fertilidad en ovejas de raza Churra (Palacios and Abecia, 2014). En el ganado lechero en México, la media de la temperatura y la humedad relativa correlaciona de forma negativa ($p > 0,05$) con la tasa de concepción, además del índice de Temperatura-Humedad y la precipitación (Villa-Mancera *et al.*, 2011). Por otro lado, la estrecha disminución de la viabilidad coincide con los cambios morfológicos que afectan a la cabeza, pieza intermedia o de la cola de los espermatozoides, siendo similares a los datos que se describen al trabajar con Corriedale de Uruguay (Gastel *et al.*, 1995).

Por otro lado, los meses de febrero-abril y agosto-octubre, presentan precipitaciones que no superan los 50 mm, por lo tanto, si hay un posible aumento en la temperatura, la humedad relativa se va a mantener en valores que no van a causar estrés sobre el animal en términos de regulación de la temperatura. Es posible que el efecto de lluvia puede estar asociada con el estado nutricional que afecta en otros aspectos reproductivos (Abecia *et al.*, 2016). Adicional, no se presentaron cambios en los valores de testosterona a través del año (datos no

presentados) para los animales evaluados en este estudio, por lo tanto, se podría sugerir que los cambios en la calidad seminal se relacionan directamente a los efectos ambientales. En general, la exposición de los ovinos a temperaturas ambiente elevadas provoca una serie de cambios drásticos en las funciones biológicas, que incluyen una disminución en la eficiencia de consumo de alimento y la utilización y la alteración en el metabolismo en su balance hídrico (Marai *et al.*, 2007). El daño en el semen está directamente relacionado con elevadas temperaturas en el escroto a nivel subcutáneo, que puede causar la interrupción temporal de la producción de células y la motilidad de los espermatozoides o el efecto en espermatozoides normales (Júnior *et al.*, 2015; Moreira *et al.*, 2001).

CONCLUSIONES

Existen cambios en la calidad seminal en los cuatro tipos raciales a través de año para las variables evaluadas, siendo la Motilidad y la Vitalidad, denotan mayor alteración por efecto de las condiciones ambientales. Es posible la aplicación de un Índice de Temperatura y Humedad ya que son las principales variables que afectan los parámetros de calidad seminal evaluados en el presente estudio. Estudios como este permiten la determinación de umbrales de adaptación a las condiciones ambientales para cada uno de los tipos raciales ovinos y a las condiciones de producción del país.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con el apoyo del Proyecto CUD_PIC 2010. Universidad de Namur, en conjunto con la Universidad Nacional de Colombia-sede Bogotá.

BIBLIOGRAFÍA

- Ali, A., Hayder, M., 2008. Seasonal variation of reproductive performance, foetal development and progesterone concentrations of sheep in the subtropics. *Reprod. Domest. Anim.* 43, 730–734. doi:10.1111/j.1439-0531.2007.00980.x.
- Al-Kanaan, A., K??nig, S., Br??gemann, K., 2015. Effects of heat stress on semen characteristics of Holstein bulls estimated on a continuous phenotypic and genetic scale. *Livest. Sci.* 177, 15–24. doi:10.1016/j.livsci.2015.04.003.
- Arévalo, A., Correa, G., 2013. Tecnología en la ovinocultura colombiana: estado del arte *. *Rev. Cienc. Anim.* 6, 125–142.
- Arrébola, F., Sánchez, M., López, M.D., Rodríguez, M., Pardo, B., Palacios, C., Abecia, J.A., 2016. Effects of weather and management factors on fertility after artificial insemination in Florida goats: A ten-year study. *Small Rumin. Res.* 137, 47–52. doi:10.1016/j.smallrumres.2016.03.002.
- Baloro, M.F.A., Brandão, F.Z., Peneiras, A.B.V., Oba, E., da Fonseca, J.F., Almosny, N.R.P., da Cruz Cardoso, E., 2015. Reproductive performance, metabolic and hormonal profiles of Santa Inês ewes in winter and summer under tropical conditions. *Trop. Anim. Health Prod.* 47, 627–631. doi:10.1007/s11250-015-0757-z.
- Dias e Silva, T.P., Costa Torreão, J.N. da, Torreão Marques, C.A., de Araújo, M.J., Bezerra, L.R., kumar Dhanasekaran, D., Sejian, V., 2016. Effect of multiple stress factors (thermal, nutritional and pregnancy type) on adaptive capability of native ewes under semi-arid environment. *J. Therm. Biol.* 59, 39–46. doi:10.1016/j.jtherbio.2016.05.001.
- Dickson, K.A., Sanford, L.M., 2005. Breed diversity in FSH, LH and testosterone regulation of testicular function and in libido of young adult rams on the southeastern Canadian prairies. *Small Rumin. Res.* 56, 189–203. doi:10.1016/j.smallrumres.2004.06.002.
- Finocchiaro, R., Van Kaam, J.B.C.H.M., Sardina, M.T., Misztal, I., 2005. Effect of heat stress on production in Mediterranean dairy sheep. *Ital. J. Anim. Sci.* 4, 70–72. doi:10.4081/ijas.2005.2s.70.
- Fourie, P.J., Schwalbach, L.M., Naser, F.W.C., Van Der Westhuizen, C., 2004. Scrotal, testicular and semen characteristics of young Dorper rams managed under intensive and extensive conditions. *Small Rumin. Res.* 54, 53–59. doi:10.1016/j.smallrumres.2003.10.011.
- Gastel, T., Bielli, A., Perez, R., Lopez, A., Castrillejo, A., Tagle, R., Laborde, D., Forsberg, M., Rodriguez-martinez, H., 1995. Seasonal variations in testicular morphology in Uruguayan Corriedale tams 40, 59–75.
- Gomes da Silva, R., n.d. CHAPTER 11 WEATHER AND CLIMATE AND ANIMAL PRODUCTION By Roberto Gomes da Silva. *Anim. Prod.* 1–36.
- González, C.A., Grajales, H.A., Manrique, C., Téllez, G., 2011. Gestión de la información en los sistemas de producción animal -una mirada al caso de la ovino-caprinocultura-. *Rev.Med.Vet.Zoot* 58, 176–193.

- Ibrahim, S.A., 1997. Seasonal variations in semen quality of local and crossbred rams raised in the United Arab Emirates. *Anim. Reprod. Sci.* 49, 161–167. doi:10.1016/S0378-4320(97)00063-8.
- IPCC, 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*
- Júnior, C.A.C., Lucci, C.M., Peripolli, V., Tanure, C.B., Ribeiro, L.M.C.S., Barbosa, T.M., Ramos, A.F., Louvandini, H., McManus, C., 2015. Laser and thermographic infrared temperatures associated with heat tolerance in adult rams. *Small Rumin. Res.* 132, 86–91. doi:10.1016/j.smallrumres.2015.10.011.
- Kafi, M., Safdarian, M., Hashemi, M., 2004. Seasonal variation in semen characteristics, scrotal circumference and libido of Persian Karakul rams. *Small Rumin. Res.* 53, 133–139. doi:10.1016/j.smallrumres.2003.07.007.
- Malama, E., Bollwein, H., Taitzoglou, I.A., Theodosiou, T., Boscós, C.M., Kiossis, E., 2013. Chromatin integrity of ram spermatozoa. Relationships to annual fluctuations of scrotal surface temperature and temperature-humidity index. *Theriogenology* 80, 533–541. doi:10.1016/j.theriogenology.2013.05.019.
- Marai, I.F.M., El-Darawany, A.A., Fadiel, A., Abdel-Hafez, M.A.M., 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep-A review. *Small Rumin. Res.* 71, 1–12. doi:10.1016/j.smallrumres.2006.10.003.
- Moreira, E., Moura, A., Araújo, A., 2001. Efeitos da insulação escrotal sobre a biometria testicular e parâmetros seminais em carneiros da raça Santa Inês criados no Estado do Ceará. *Rev. Bras. Zootec.* 30, 1704–1711. doi:10.1590/S1516-35982001000700007.
- Mukasa-Mugerwa, E., Anindo, D., Sovani, S., Lahlou-Kassi, A., Tembely, S., Rege, J.E.O., Baker, R.L., 2002. Reproductive performance and productivity of Menz and Horro sheep lambing in the wet and dry seasons in the highlands of Ethiopia. *Small Rumin. Res.* 45, 261–271. doi:10.1016/S0921-4488(02)00155-4
- Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M.S., Bernabucci, U., 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest. Sci.* 130, 57–69. doi:10.1016/j.livsci.2010.02.011.
- Palacios, C., Abecia, J.A., 2014. Meteorological variables affect fertility rate after intrauterine artificial insemination in sheep in a seasonal-dependent manner: a 7-year study. *Int. J. Biometeorol.* 59, 585–592. doi:10.1007/s00484-014-0872-y.
- Rasooli, A., Taha Jalali, M., Nouri, M., Mohammadian, B., Barati, F., 2010. Effects of chronic heat stress on testicular structures, serum testosterone and cortisol concentrations in developing lambs. *Anim. Reprod. Sci.* 117, 55–59. doi:10.1016/j.anireprosci.2009.03.012.
- Sejian, V., Maurya, V.P., Naqvi, S.M.K., 2010. Adaptability and growth of Malpura ewes subjected to thermal and nutritional stress. *Trop. Anim. Health Prod.* 42, 1763–1770. doi:10.1007/s11250-010-9633-z.
- Seo, S.N., McCarl, B.A., Mendelsohn, R., 2010. From beef cattle to sheep under global warming? An analysis of adaptation by livestock species choice in South America. *Ecol. Econ.* 69, 2486–2494. doi:10.1016/j.ecolecon.2010.07.025.
- Snowder, G.D., Stellflug, J.N., Van Vleck, L.D., 2004. Genetic correlation of ram sexual performance with ewe reproductive traits of four sheep breeds. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 88, 253–261. doi:10.1016/j.applanim.2004.04.004.
- Srikandakumar, A., Johnson, E.H., Mahgoub, O., 2003. Effect of heat stress on respiratory rate, rectal temperature and blood chemistry in Omani and Australian Merino sheep. *Small Rumin. Res.* 49, 193–198. doi:10.1016/S0921-4488(03)00097-X.
- Villa-Mancera, A., Méndez-Mendoza, M., Huerta-Crispín, R., Vázquez-Flores, F., Córdova-Izquierdo, A., 2011. Effect of climate factors on conception rate of lactating dairy cows in Mexico. *Trop. Anim. Health Prod.* 43, 597–601. doi:10.1007/s11250-010-9737-5.
- Zamiri, M.J., Khalili, B., Jafaroghli, M., Farshad, A., 2010. Seasonal variation in seminal parameters, testicular size, and plasma testosterone concentration in Iranian Moghani rams. *Small Rumin. Res.* 94, 132–136. doi:10.1016/j.smallrumres.2010.07.013.