

Sistemas de alimentación y parámetros productivos y fisiológicos de corderos criados en estrés por calor^{1,2}

Abner A. Rodríguez-Carías³, José Israel Suárez-Rodríguez⁴,
Jonathan Collazo⁴ y John Fernández-Van Cleve⁵

J. Agric. Univ. P.R. 104(2):181-199 (2020)

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar los parámetros fisiológicos (temperatura rectal = TR, tasa respiratoria = RR, ritmo cardiaco = RC) y parámetros de producción (consumo de materia seca = CMS, consumo de agua = CDA, ganancia en peso diaria promedio = GPD, y conversión alimenticia = CA) de corderos criollos y de la raza Katahdin criados en pastoreo rotacional y en confinamiento bajo condiciones de estrés por calor. Se utilizaron nueve corderos criollos (PV = 19.4 kg) que se alimentaron en un sistema de pastoreo rotacional de pasturas naturalizadas (PN) durante 70 días con periodos de ocupación y descanso de 7 y 21 días, respectivamente. Los corderos tuvieron acceso diario al área de pastoreo durante cuatro a seis horas, heno de gramíneas y agua *ad libitum*, suplemento diario de 100 g de concentrado comercial y un bloque nutricional. Para el sistema en confinamiento, se utilizaron seis corderos de la raza Katahdin (PV = 27.3 kg) que se alimentaron durante 28 días con raciones totales mezcladas (RTM) conteniendo 30% de heno de gramíneas, 15.4% harina de soya, 54.6% maíz en grano y un bloque mineral. La dieta contenía 14% proteína cruda (CP) y 66% nutrientes digeribles totales (NDT) y se formuló para una GPD de 200 g. Se cuantificó cada día el alimento ofrecido [4% peso vivo (PV)/ base seca (BS)] y rechazado para determinar el CMS y el volumen de agua ofrecida y rechazada para determinar su consumo (CDA). Para validar las condiciones de estrés por calor se monitoreó la temperatura ambiental máxima y mínima y la humedad relativa para calcular el índice de temperatura-humedad (ITH) y se determinó semanalmente la TR, RC y RR de los 15 corderos utilizados. Los corderos se pesaron cada siete días. En ambos experimentos el ITH osciló entre 78 y 80. Los corderos estuvieron bajo condiciones ambientales de estrés por calor (ITH \bar{x} = 79) durante ambos estudios. Los promedios de RC y TR para el sistema de pastoreo fueron de 118.0 latidos por minuto y

¹Manuscrito sometido a la Junta Editorial el 10 de octubre de 2019.

²Este trabajo fue financiado por el Instituto Nacional de Alimentos y Agricultura (NIFA, por sus siglas en inglés) del Departamento de Agricultura Federal, Proyecto Hatch 474-R de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico, Mayagüez.

³Catedrático, Departamento de Ciencia Animal, Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico, Abner.rodriguez3@upr.edu

⁴Exestudiantes. Departamento de Ciencia Animal, Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico.

⁵Catedrático, Departamento de Ciencia Animal, Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico, John.fernandez1@upr.edu

38.6° C, mientras que los promedios para el sistema en confinamiento fueron de 108.6 latidos por minuto y 39.4° C, respectivamente. La RR promedio (53.6 y 62.6 respiraciones por minuto, en pastoreo y en confinamiento, respectivamente) fue mayor al valor normal considerado para confort térmico. La tasa respiratoria fue el principal mecanismo utilizado por los corderos para disipar el calor. El ritmo cardíaco también mostró valores ligeramente superiores a los reportados para animales en zona de confort. Sin embargo, los valores de temperatura rectal fueron constantes. Tal como esperado, corderos criollos alimentados en pastoreo rotacional de pasturas naturalizadas (PN) tuvieron una baja GPD (55.6 g). No obstante, corderos Kathadin alimentados en confinamiento con RTM tuvieron un CMS de 935.4 g/día (3.14% PV/BS), un CDA de 3.5 L/día, una CA de 4.74 y una GPD de 226.2 g. En conclusión, la crianza de ovinos criollos en pastoreo rotacional de PN sin manejo agronómico resulta en GPD que podrían ser consideradas económicamente no viables en sistemas de producción tradicional. La introducción de razas puras y su alimentación en confinamiento con RTM resultó en GPD predeterminada (>200 g/día) y es una alternativa a evaluarse económicamente para su implementación práctica.

Palabras clave: estrés por calor, corderos, pastoreo, confinamiento

ABSTRACT

Feeding systems and productive and physiological parameters of lambs raised under heat stress

The objective of this study was to determine physiological parameters (rectal temperature = RT, respiratory rate = RR, heart rate = HR) and production parameters (dry matter intake = DMI, water intake = WI, average daily weight gain = ADG, and feed conversion = FC) of crossbred and Katahdin lambs raised in rotational grazing of native pastures (NP) and in confinement under heat stress conditions. Nine crossbred lambs (average initial weight = 19.4 kg) were used and fed in a rotational grazing system for 70 days with occupation and rest periods of seven and 21 days, respectively. The lambs had daily access to the grazing area for four to six hours, grass hay and water *ad libitum*, a daily supplement of 100 g of commercial concentrate and a nutritional block. In the confined system, six lambs of the Katahdin breed (average initial weight = 27.3 kg) were used, and for 28 days these were fed total mixed rations (TMR) containing 30% grass hay, 15.4% soybean meal, 54.6% corn grain and a mineral block. The diet contained 14% Crude Protein (CP) and 66% Total Digestible Nutrients (TDN) and was formulated for an ADG of 200 g. The offered and rejected feed was quantified every day [4% body weight (BW)/dry matter basis (DMB)] to determine the DMI, and the volume of water offered and rejected to determine WI. To validate the stress conditions, the maximum environmental temperature and relative humidity were monitored to calculate the temperature and humidity index (THI), and the RT, HR and RR of the 15 lambs were determined. The lambs were weighed every seven days. In both experiments, the THI oscillated between 78 and 80. The lambs were under environmental heat stress conditions (THI \bar{x} = 79) during both studies. The averages of HR and RT in the grazing system were 118.0 beats per minute and 38.6° C, while the averages under the confinement system were 108.6 beats per minute and 39.4° C, respectively. The average RR (53.6 and 62.6 breaths per minute, in grazing and in confinement, respectively) was greater than the normal value considered for thermal comfort. Respiratory rate is the main mechanism used by lambs to dissipate heat. The heart rate also showed slightly higher values than those reported for animals in their comfort zone. However, the

rectal temperature values were constant. As expected, crossbred lambs fed under grazing conditions with naturalized pastures (NP) had a low ADG (55.6 g). Nevertheless, Katahdin lambs fed in confinement with TMR had a DMI of 935.4 g/day (3.14% BW/DMB), a WI of 3.5 L/day, a FC of 4.74 and an ADG of 226.2 g. In conclusion, raising crossbred sheep in rotational grazing of NP without any type of agronomic management results in ADG that could not be considered viable in traditional production systems. The introduction of pure breeds and feeding them in confined systems with a TMR results in a pre-determined ADG (>200 g/day) and is an alternative that can be evaluated economically for its practical implementation.

Key words: heat stress, lambs, grazing, confinement

INTRODUCCIÓN

En las regiones semiáridas, subtropicales y tropicales del mundo, la mayoría de la población de pequeños rumiantes depende exclusivamente del consumo de forraje para satisfacer sus requerimientos nutricionales (Kawas, 2008). Específicamente en el trópico, el desarrollo de la ovinocultura se ve afectado significativamente por las condiciones climáticas (De Andrade-Pantoja et al., 2017), la calidad de los pastos (Rodríguez-Ramírez et al., 2013) y la incidencia de parásitos gastrointestinales (Díaz-Rivera et al., 2000). En Puerto Rico, para la alimentación de ovinos predominan, debido a su bajo costo, los sistemas extensivos de pastoreo a base de gramíneas y otras pasturas naturalizadas (PN). Sin embargo, el pobre manejo agronómico de estas pasturas resulta en un material vegetativo de bajo valor nutritivo que no satisface los requerimientos nutricionales de los animales. Para un crecimiento y desarrollo de la industria ovina en la isla, se deben evaluar alternativas como el pastoreo rotacional con suplementación y la alimentación en confinamiento utilizando raciones totales mezcladas (RTM). Además del sistema de producción, es de suma importancia estar conscientes del efecto detrimental de las altas temperaturas y la humedad relativa, que generan estrés por calor, sobre la producción agropecuaria en el trópico. Para cuantificar este efecto sobre los animales, se utiliza el índice de temperatura-humedad (ITH) como indicador del grado de estrés, donde un ITH menor de 72 se considera ausencia de estrés por calor, un ITH de 73 a 77 se considera estrés por calor leve, valores entre 79 y 89 un estrés moderado y los ITH mayores de 90 como estrés severo (Srikandakumar et al., 2003). Debido a la relación entre las condiciones ambientales y los sistemas de producción animal, es necesario optimizar la productividad de los forrajes, y mejorar la capacidad de los animales para minimizar el estrés ambiental mediante estrategias de manejo y selección (Gonçalves et al., 2016). Además del sistema de producción, la selección adecuada de la especie animal, el tipo y la raza

apropiada dentro de la especie, es también necesaria para minimizar el efecto ambiental sobre la producción animal. Los objetivos de este estudio fueron determinar los parámetros fisiológicos y la ganancia en peso en ovinos criollos alimentados en un sistema en pastoreo rotacional de pasturas tropicales naturalizadas bajo condiciones ambientales de estrés por calor y determinar parámetros fisiológicos y productivos de ovinos Katahdin alimentados en confinamiento con raciones totales mezcladas en condiciones ambientales de estrés por calor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se llevaron a cabo en el Proyecto de Pequeños Rumiantes localizado en la Finca Alzamora de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez (18.217122° N, 67.147869° O). Se utilizaron 15 corderos, nueve criollos y seis de la raza Katahdin menores de un año de edad con un peso vivo (PV) promedio de 19.4 y 27.3 kg, respectivamente. Los ovinos criollos fueron alimentados durante 70 días bajo un sistema de pastoreo rotacional de PN, mientras que los corderos Katahdin se alimentaron con una RTM durante 28 días en un sistema en confinamiento.

El experimento de pastoreo rotacional se realizó del 5 de julio al 13 de septiembre de 2017, mientras que el de confinamiento se realizó del 17 de septiembre al 15 de octubre del mismo año. En ambos experimentos se obtuvo los datos de temperatura ambiental y humedad relativa del Weather Underground Service (www.wunderground.com). Los datos se utilizaron para calcular el ITH según descrito por Vitali et al. (2009). Debido a un evento atmosférico mayor que afectó a la isla de Puerto Rico en 2017, no fue posible obtener los datos del 19 de septiembre al 10 de octubre. Según el valor de ITH calculado (77 a 83), se estableció el nivel de estrés por calor de leve a severo al que los corderos estuvieron expuestos durante ambos experimentos.

Sistema de alimentación a base de pastoreo rotacional

Para caracterizar el sistema de pastoreo rotacional sobre la ganancia en peso en ovinos y parámetros fisiológicos asociados a estrés por calor, se utilizaron cuatro predios de aproximadamente 600 m² provistos de bebederos y lugares con acceso a sombra. Uno de los predios tuvo acceso a una pequeña área de 210 m² sembrada con *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*). Los predios tuvieron un periodo de ocupación de siete días y un periodo de descanso de 21 días. Antes de los experimentos, los nueve corderos utilizados fueron esquilados y desparasitados con antihelmínticos comerciales. Los animales fueron suplementados con 100 g/d de un concentrado comercial conteniendo 12% de proteína bruta (PB). Para determinar las espe-

cies de PN en los predios utilizados para pastoreo, se recolectaron muestras de cada predio utilizando un cuadrante de un pie el cual se lanzó aleatoriamente en 10 puntos el día antes de la entrada de los animales. Las muestras se recolectaron a una altura de 15 cm del suelo y se identificaron visualmente por el tipo, tamaño y color de la inflorescencia utilizando el manual de Más y Lugo-Torres (2013) de malezas comunes en Puerto Rico e Islas Vírgenes Americanas. Las muestras compuestas de cada predio se colocaron en un horno (65° C/ 48 horas) para determinar su contenido porcentual de materia seca (MS). Las muestras secas se molieron a un tamaño de 1 mm y se enviaron a un laboratorio comercial (Forage Testing Laboratory, Dairy One Inc., Ithaca, NY)⁶ donde se analizaron para su contenido de materia orgánica (MO), materia inorgánica (MI), PB, fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina. El contenido de hemicelulosa (HC) se calculó por diferencia (FDN - FDA). Los resultados del laboratorio también incluían el valor porcentual de los nutrientes digeribles totales (NDT) de las muestras.

Durante los 70 días del experimento se rotaron los animales en dos ocasiones en los predios 1 y 2 y en una ocasión en los predios 3 y 4. Los corderos pastorearon por un mínimo de cuatro a seis horas al día, además de tener acceso *ad libitum* a heno de gramíneas adquirido de un productor comercial. Durante el periodo experimental, semanalmente se determinó el peso corporal utilizando una balanza colgante (Rubbermaid Modelo Pelouze) para calcular la ganancia en peso de cada cordero. También se determinaron los parámetros fisiológicos asociados a estrés por calor: temperatura rectal (TR), ritmo cardiaco (RC), y tasa respiratoria (RR). La TR se determinó utilizando un termómetro clínico, el RC utilizando un estetoscopio convencional y la RR auscultando el área de los pulmones, desde el borde posterior de la escápula a la penúltima costilla. Todas las medidas se tomaron el miércoles de cada semana a las 7:00 a.m. justo antes de que los corderos entraran al predio. Cada cordero se colocó en una jaula individual para minimizar el manejo. Los datos de parámetros fisiológicos y ganancia en peso fueron analizados según un diseño completamente aleatorio (DCA) con medidas repetidas a través del tiempo utilizando el procedimiento Proc Glimmix de SAS (2009).

⁶Los nombres de compañías y de marcas registradas solo se utilizan para proveer información específica y su uso no constituye garantía por parte de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico, ni endoso sobre otros productos o equipo que no se mencionan.

Sistema de alimentación en confinamiento utilizando raciones totales mezcladas

Seis corderos Katahdin se alojaron en jaulas individuales con dimensiones de 1.52 x 1.22 x 1.30 m y se alimentaron con RTM según los requerimientos nutricionales establecidos por el NRC (2001). Las RTM contenían 14% PB y 66% de nutrientes digeribles totales (NDT). Las jaulas estaban provistas de camadas de cáscara de café, comederos de piso con doble compartimiento, bebederos y bloques de minerales *ad libitum*. Antes de la prueba de alimentación, los corderos se desparasitaron con antihelmínticos comerciales, y se les inyectó una dosis de 3 ml de vitamina A, D y K. También se les permitió adaptarse a la instalaciones y rutinas de manejo por un periodo de tres días. Los corderos se alimentaron diariamente con cantidades equivalentes al 4% de su peso vivo en base seca. La dieta fue formulada para una ganancia en peso diaria de 200 g (NRC, 2001), en una proporción de 70:30 de granos: forraje. La dieta incluyó granos de maíz partido (GM; 54.6%), harina de soya (HS; 15.4%) y 30% de heno de gramíneas tropicales. Los GM y la HS se adquirió de un molino comercial de alimentos localizado en Mayagüez, Puerto Rico, mientras que el heno de gramíneas se adquirió de un productor comercial. El heno, que contenía mayormente las especies *Cynodon plectostachyus* y *Bracharia humidicola*, se trituró en pedazos (tamaño aproximado de 5 cm) para evitar su selección. Semanalmente, los GM y la HS se mezclaron manualmente y se almacenaron en envases plásticos. Para cuantificar el consumo de granos y forraje, diariamente se les ofreció ambos alimentos en el comedero con doble compartimiento. La porción de granos de la dieta fue ofrecida en dos raciones iguales diarias, a las 8:00 a.m. y a las 2:00 p.m. Se enviaron muestras de cada ingrediente al laboratorio comercial antes mencionado para determinar su contenido de nutrientes. Los corderos se pesaron semanalmente para determinar la ganancia en peso y la cantidad de alimento a ofrecerse, durante el periodo experimental. Además, se cuantificó el alimento rechazado para determinar el consumo voluntario y calcular la conversión alimenticia. Semanalmente se cuantificó el consumo de agua por diferencia en peso y se determinó la relación consumo materia seca y agua utilizando baldes con una capacidad aproximada de 19 L. Los parámetros fisiológicos asociados a estrés por calor (RT, RC, RR) se determinaron el domingo de cada semana según antes mencionado.

Los datos de las variables dependientes [parámetros fisiológicos: temperatura rectal, ritmo cardiaco, tasa respiratoria; y parámetros productivos: consumo de materia seca (CMS) y agua (CDA), ganancia en peso (GPD) y conversión alimenticia (CA)] se analizaron según un diseño completamente aleatorio (DCA) con medidas repetidas a través del tiempo utilizando el procedimiento Proc Glimmix de SAS (2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sistema de alimentación en pastoreo rotacional de pasturas naturalizadas tropicales

Las PN utilizadas en este experimento mostraron en promedio contenidos porcentuales de: 30.2 de MS, 91.9 de MO, 8.1 de MI y 8.5 de PB. Referente a los componentes de paredes celulares se obtuvieron valores porcentuales de: 73.5 de FDN, 47.0 de FDA, 28.3 de hemicelulosa y 4.8 de lignina. El valor promedio de NDT fue de 53.1% con una variación de 51 a 55% (Cuadro 1). Esta composición química de las PN y contenido energético se asemeja a las obtenidas en estudios previos con PN, que se caracterizan por concentraciones bajas de PB y NDT y altos contenidos de los componentes de pared celular (Juárez-Reyes et al., 2009; Rodríguez-Ramírez et al., 2013). A través del tiempo se observó también una alta variabilidad en la composición química entre los predios utilizados (Cuadro 2). Se observaron contenidos de MS de 23.7 a 38.9 %, de MO de 89.8 a 93.5 %, de MI de 6.5 a 10.2 y de PB de 6.6 a 11.2 %. En los contenidos porcentuales de la pared celular también se observaron diferencias porcentuales máximas de 5.4 para FDN y de 5.4, 5.1 y 1.5 para FDA, HC y lignina, respectivamente. El valor de NDT, que varió de 51 a 55%, denota también el bajo valor energético de las PN. Sin embargo, e independiente de la variación, el contenido de nutrientes en este tipo de pasturas sin manejo agronómico no es suficiente para sostener sistemas de producción con altas tasas de crecimiento. Está documentado que la acumulación de carbohidratos estructurales y sustancias nitrogenadas que actúan como reservas está influenciada por factores ambientales como la temperatura, luminosidad y disponibilidad de humedad y minerales (Mares-Martins, 1983). Sin embargo, la acumulación de reservas está inversamente relacionada con el crecimiento de la planta (Mares-Martins, 1983). En el trópico, los altos niveles de radiación solar llevan a las pasturas a una mayor

CUADRO 1.—*Composición química de las pasturas naturalizadas en los predios utilizados.*

Predio	Componente (%) ¹								
	MS ²	MO ³	MI ⁴	PB ⁵	FDN ⁶	FDA ⁷	HC ⁸	Lignina	NDT ⁹
1	27.0	91.6	8.4	9.0	75.1	46.9	28.2	4.4	52.0
2	33.0	92.7	7.3	7.3	76.2	47.5	28.7	5.0	53.7
3	36.1	91.4	8.7	8.0	75.0	47.9	27.1	5.2	53.5
4	25.1	91.9	8.1	10.2	74.6	45.4	29.2	4.9	53.5

¹Base Seca; ²Materia Seca; ³Materia Orgánica (100-MI); ⁴Materia Inorgánica; ⁵Proteína Bruta; ⁶Fibra Detergente Neutro; ⁷Fibra Detergente Ácido; ⁸Hemicelulosa (FDN - FDA); ⁹Nutrientes Digestibles Totales

CUADRO 2.—Composición química de las pasturas naturalizadas utilizadas en los predios de pastoreo rotacional.

Predio	Semana	Componente (%) ¹									
		MS ²	MO ³	MI ⁴	PB ⁵	FDN ⁶	FDA ⁷	HC ⁸	Lignina	NDT ⁹	
1	1	28.6	89.8	10.2	7.2	75.6	49.5	26.1	4.4	51.0	
	5	28.6	92.1	7.9	11.2	72.2	45.0	27.2	4.6	53.0	
	9	23.7	92.8	7.2	8.6	77.4	46.2	31.2	4.1	52.0	
2	2	36.4	91.4	8.6	6.6	77.6	49.9	27.7	5.6	52.0	
	6	33.3	93.5	6.5	8.4	75.1	46.0	29.1	4.5	55.0	
3	10	29.2	93.2	6.8	6.8	75.9	46.5	29.4	4.9	54.0	
	3	33.3	90.3	9.7	7.2	77.6	50.4	27.2	5.3	54.0	
	7	38.9	92.4	7.6	8.8	72.3	45.3	27.0	5.1	53.0	
4	4	26.1	91.4	8.6	10.8	73.6	45.3	28.3	5.0	53.0	
	8	24.1	92.4	7.6	9.5	75.5	45.5	30.0	4.8	54.0	
\bar{x}		30.2	91.9	8.1	8.5	75.3	47.0	28.3	4.8	53.1	

¹Base Seca; ²Materia Seca; ³Materia Orgánica (100 - MI); ⁴Materia Inorgánica; ⁵Proteína Bruta; ⁶Fibra Detergente Neutro; ⁷Fibra Detergente Ácido; ⁸Hemiacelulosa (FDN-FDA); ⁹Nutrientes Digeribles Totales

tasa de crecimiento, disminuyendo estas reservas y aumentando el grado de lignificación.

Contrario a lo esperado, no se encontraron especies forrajeras comúnmente utilizadas en el pastoreo de ovinos, caprinos o vacunos en regiones tropicales, tales como la Hierba Guinea (*Megathyrsus maximun*), Pangola (*Digitaria eriantha*), Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) o Buffel (*Cenchrus ciliare*). En los predios utilizados se identificaron en su mayoría especies como el Matojo Blanco (*Paspalum virgatum*), Cerrillo (*Sporobolus indicus*), Hierba Cortadera (*Paspalum millegrana*) y Hierba Estrella (*Rhynchospora ciliata*), pastos que son considerados malezas dentro del concepto agronómico (Más y Lugo-Torres, 2013).

Además del efecto de la localización geográfica sobre el contenido de nutrientes de las PN, a nivel mundial, la producción pecuaria se está viendo afectada negativamente por un aumento y una mayor variabilidad de la temperatura ambiental, cambios en el nivel y la frecuencia de las precipitaciones (que resulta en mayor frecuencia de períodos de sequías), la intensificación de los fenómenos meteorológicos extremos, el aumento del nivel del mar y la salinización de los terrenos de cultivo y del agua dulce (Ramírez de la Ribera et al., 2017). En este experimento, el ITH promedio durante las 10 semanas del estudio fue de 79.4, valor superior al reportado para considerarse dentro de la zona de confort térmico o termoneutral de los animales domésticos que oscila de 54 a 72 (Macías-Rioseco et al., 2018).

Está documentado que valores de ITH superiores a los considerados dentro de la zona de confort afectan los parámetros fisiológicos (RT, RR, RC) de los animales domésticos. Este tipo de efecto negativo ha sido observado y reportado sobre el consumo voluntario y productividad (ganancia en peso diaria, producción de leche, eficiencia de conversión) en vacunas para carne y leche. En ovinos, los valores normales de los parámetros fisiológicos varían según la edad y tamaño de los animales, pero en promedio oscilan entre 39 y 40 °C de temperatura rectal, 90 y 100 latidos por minuto (lpm) y de 10 a 20 respiraciones por minuto (rpm). En este estudio, la temperatura rectal promedio de los ovinos fue de 39.2° C, valor dentro del rango normal. Sin embargo, los valores de ritmo cardiaco (117.8 lpm) y tasa respiratoria (53.4 rpm) fueron mayores a los considerados normales.

Se ha reportado que el parámetro más importante para determinar la presencia de estrés por calor es el incremento en temperatura rectal. Cuando el equilibrio disipativo del intercambio de calor es alterado, se refleja en términos de una temperatura rectal alterada (De et al., 2017). Sin embargo, y contrario a lo observado en vacunos, los corderos en este estudio no presentaron cambios en su temperatura rectal lo que podría indicar que son más resistentes a valores de ITH superiores a la denominada zona de confort.

Además del promedio normal de temperatura rectal, el promedio del ritmo cardiaco fue cerca de los rangos considerados aceptables para ovinos (117.8 latidos por minuto) (Mendoza-González et al., 2010; Sáenz-García, 2007). El aumento en el RC ocurre debido al movimiento del flujo de sangre desde el interior de la cavidad torácica y abdominal hacia la periferia de cuerpo (cerca de la piel) como mecanismo para mitigar el calor corporal. Es decir, los animales transportan el calor de adentro del cuerpo hacia la piel a través del flujo de sangre.

Sí se observó que la RR de los corderos fue mayor al valor considerado aceptable para corderos en zona de confort (53 respiraciones por minuto). Ha sido reportado que debido a los niveles de ITH mayor al establecido dentro de la zona de confort, los animales aumentan la tasa respiratoria o cantidades de jadeos como mecanismo para disipar el calor corporal, ya que al aumentar el número de respiraciones liberan más calor.

A pesar del bajo contenido de nutrientes de las PN y el valor de ITH fuera de la zona de confort, se observó un aumento en el peso de los ovinos (Figura 1). La ganancia en peso diaria promedio de los corderos alimentados durante 70 días en pastoreo rotacional de PN y suplementados con 100 g de concentrado comercial fue de 56.3 g. A través del periodo experimental, se observó un rango de ganancia en peso semanal de 111 g a 1.83 kg atribuido probablemente a la diferencia en contenido

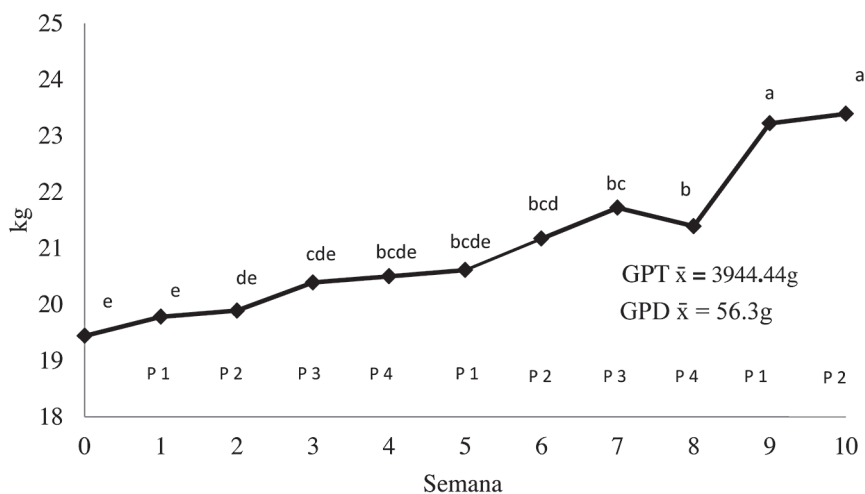


FIGURA 1. Cambios en la ganancia en peso a través del tiempo de ovinos alimentados en pastoreo rotacional de pasturas naturalizadas (Medias con letras diferentes difieren $p < 0.05$).

de nutrientes de los predios, al tipo de especie de pastura y a su composición botánica (i.e., relación tallo: hoja; Cuadro 3).

Los valores de ganancia en peso diaria observados en este experimento son consistentes con los publicados por Oliva-Hernández y colaboradores (2013) que reportaron ganancias de 58 g/día en ovinos cruza de las razas Barbados Blackbelly y Pelibuey alimentados en pastoreo. Sin embargo, estos valores son menores a los 114 g/día reportados por Hinojosa-Cuéllar y colaboradores (2013) cuando alimentan ovinos mezclados de los cruces entre Barbados Blackbelly, Pelibuey, Dorper y Katahdin en sistemas de alimentación en pastoreo en climas tropicales.

Aunque se observó ganancia en peso, los resultados de este estudio demuestran las limitaciones que puede presentar la crianza de cordeiros para carne alimentados en sistema de pastoreo de PN sin manejo agronómico. Lo anterior se añade al efecto negativo del estrés por calor sobre el rendimiento animal, aun cuando podemos inferir que los ovinos son más resistentes que el ganado vacuno a valores de ITH sobre la zona termoneutral reportado en animales domésticos.

Tal como indicado anteriormente, la baja ganancia en peso diaria promedio obtenida en este experimento se puede atribuir al bajo contenido de PB o indicador de nutrientes (NDT) de las pasturas disponibles. Esto a pesar de su periodo de descanso (21 d) y rotación basada en la altura y disponibilidad del forraje. Además, condiciones de alta temperatura ambiental y humedad relativa comunes en regiones tropicales se relacionan con pobres ganancias en peso vivo, además de valores de tasa respiratorias por encima de los niveles normales y posibles bajos rendimientos de canal en ovinos para carne (Marai et al., 2007).

CUADRO 3.—Cambios en la ganancia en peso según el predio de ovinos alimentados en pastoreo rotacional de pasturas naturalizadas.

Predio	Semana	Ganancia en peso (g)
1	1	333.33 b
2	2	111.11 b
3	3	500.00 b
4	4	111.11 b
1	1	111.11 b
2	2	555.56 b
3	3	555.56 b
4	4	-333.33 b
1	1	1,833.33 a
2	2	166.67 b
\bar{x}		394.44

Medias con letras diferentes difieren $p < 0.05$

Sistema de alimentación en confinamiento con raciones totales mezcladas

El estudio sobre los parámetros productivos y fisiológicos de corderos Katahdin alimentados en confinamiento con RTM se realizó durante los meses de septiembre y octubre de 2017. El valor promedio obtenido de ITH durante el periodo experimental fue de 78.7 con un rango de 75.4 a 83.2. Este valor de ITH también indica condiciones fuera de la zona de confort o estrés moderado de los corderos (Macías-Cruz et al., 2018).

La TR promedio (39.4°C) de los corderos Katahdin expuestos a estrés por calor bajo condiciones de confinamiento estuvo dentro de los valores normales para ganado ovino y similar a la obtenida en los ovinos criollos alimentados bajo pastoreo. Sin embargo, los valores de RR (62.6 rpm) y RC (108.7 lpm) fueron superiores al promedio normal. Estos resultados indican que el sistema de alimentación en confinamiento no tuvo un efecto positivo sobre los parámetros fisiológicos en ovinos asociados a estrés por calor.

La dieta utilizada en este experimento para alimentar los corderos Katahdin se formuló según los requerimientos nutricionales de un ovino para obtener una GPD de 200 g y contenía 14% de PB y 66% de NDT (NRC, 2001) (Cuadro 4). Los ingredientes utilizados para formular la dieta incluían heno de gramíneas tropicales (HG) como principal fuente de fibra, maíz en grano (MG) como fuente de energía y harina de soya (HS) como principal fuente de PB. Las proporciones utilizadas de los ingredientes fueron HGT 30%, MG 54.6% y HS 15.4%. El contenido de nutrientes de cada ingrediente coincide con valores reportados anteriormente (NRC, 2001). El contenido real de nutrientes obtenido en la dieta fue de 15.8% PB y 72.4% NDT, valores superiores por 1.8% y 6.4% a lo calculado para PB y NDT, respectivamente, debido probablemente al alto contenido de PB y NDT de la HS utilizada (Cuadro 5).

El consumo voluntario de materia seca de los corderos en este estudio fue equivalente al 3.14% de su peso vivo en base seca (PV/BS) que representa el 78.58% del ofrecimiento total. Se observó una diferencia máxima de 1.34% en el consumo PV/BS entre animales. Sin embargo, el consumo voluntario en cinco de los seis corderos fue igual o mayor al 3% de PV, valor considerado dentro del rango normal en corderos alimentados con RTM en confinamiento (Castellaro et al., 2015).

Las proporciones de los alimentos ofrecidos en este estudio fueron 30% de HG y 70% de una mezcla de MG y HS. Los resultados demuestran que los animales consumieron en promedio 20.06% del forraje y 79.96% de la mezcla de MG y HS. A pesar de que el CV cuantificado de los corderos fue de 80% MG + HS y 20% HG, no se observaron efectos

CUADRO 4.—*Composición química de los ingredientes en la ración total mezclada.*

Ingrediente	Proporción	Componente (%) ¹								
		MS ²	MO ³	MI ⁴	PB ⁵	FDN ⁶	FDA ⁷	HC ⁸	NDT ⁹	
Heno de Gramíneas	30.0	89.8	91.8	8.2	8.0	73.5	44.2	29.3	52.0	
Maíz en Grano	54.6	91.0	98.3	1.7	9.1	11.5	3.5	8.0	82.0	
Harina de Soya	15.4	91.0	92.3	7.7	54.9	11.7	8.4	3.3	78.0	

¹Base Seca; ²Materia Orgánica (100 - MI); ³Materia Inorgánica; ⁴Proteína Bruta; ⁵Fibra Detergente Neutro; ⁶Fibra Detergente Ácido; ⁸Hemicelulosa (FDN - FDA); ⁹Nutrientes Digeribles Totales

CUADRO 5.—*Aporte de los ingredientes utilizados en la ración total mezclada.*

Ingrediente	Proporción	Componente (%) ¹								
		MO ²	MI ³	PB ⁴	FDN ⁵	FDA ⁶	HC ⁷	NDT ⁸		
Heno de Gramíneas	30.0	27.5	2.5	2.4	22.1	13.3	8.8	15.6		
Maíz en Grano	54.6	53.7	0.9	5.0	6.3	1.9	4.4	44.8		
Harina de Soya	15.4	14.2	1.2	8.5	1.8	1.3	0.5	12.0		
Total	100	95.4	4.6	15.8	30.1	16.5	13.7	72.4		

¹Base Seca; ²Materia Orgánica; ³Materia Inorgánica; ⁴Proteína Bruta; ⁵Fibra Detergente Neutro; ⁶Fibra Detergente Ácido; ⁸Nutrientes Digeribles Totales

negativos sobre la salud de los animales. Durante el experimento, los corderos consumieron, en promedio, 52% del heno ofrecido (186.52 g de 355.00) y 90% (748.80 g de 828.33) de la mezcla de MG y HS (Cuadro 6), mientras que el consumo de agua promedio fue de 3.5 L (Cuadro 7). La variación en el consumo de agua entre animales fue de 2.08 a 4.70 L por día. Se ha reportado que la relación normal de consumo de agua en rumiantes es de 4:1 (Costa et al., 2012). En este estudio se les ofreció a los corderos un máximo de 8 L de agua al día. Los ovinos tienden a consumir de cuatro hasta siete litros de agua por kilogramo de alimento (Meehan et al., 2015). El aumento en el consumo de agua es un mecanismo para disipar calor corporal, a medida que el nivel de estrés por calor aumenta (De et al., 2017). En este experimento, la relación consumo agua: materia seca fue de 3.74 (3,500 ml en 935 g) lo que podría ser representativo de la capacidad de adaptación del ovino de pelo a condiciones de estrés por calor.

El aumento en peso de los corderos Katahdin a través del periodo experimental también refleja su potencial para utilizarse en sistemas intensivos para producción de carne. Se observó una GPT promedio de 6.3 kg durante los 28 días (Figura 2). Tal como esperado, la ganancia en peso diaria de los corderos fue consistente durante las cuatro semanas, con un promedio de 226.2 g/día (Figura 2) y una variación entre animales de 178.53 a 303.57 g/día (Cuadro 8). Estos valores son consistentes con los reportados por Pérez-Luna y colaboradores (2011), que reportaron GPD de 221.8 g/día en ovinos de pelo alimentados con RTM conteniendo 14.7 y 16.5% de PB. Sin embargo, la GPD obtenida en este estudio es menor a los 329.7 g/día reportados por Muñoz-Osorio y colaboradores (2018) para corderos raza Katahdin alimentados con dietas conteniendo concentrado comercial con 14% PB y heno de *Cynodon nlemfluensis*, *Brachiaria brizantha* y *Zea mays* como suplemento. La conversión alimenticia de los corderos en este experimento fue en promedio de 4.23 con una variación entre animales de 3.11 a 5.17 (Cuadro 7). Estos valores coinciden con el valor de 5.2 reportado en ovinos Pelibuey, Dorper y Katahdin alimentados con raciones compuestas de grano de maíz (53 y 57 %), rastrojo de maíz (17 y 18 %), harina de carne (10 y 7 %), salvado de trigo (8%), pasta de soya (9.5 y 7.5 %), sal mineral

CUADRO 6.—Consumo de alimento de ovinos alimentados en confinamiento con raciones totales mezcladas.

Ingrediente ¹	Ofrecido (g)	Rechazado (g)	Consumido (g)
HG	355.00	168.46	186.52
MG + HS	828.33	79.47	748.86

¹HG = heno de gramíneas; MG + HS = maíz en grano + harina de soya

CUADRO 7.—Consumo de agua de ovinos Katahdin alimentados en confinamiento con raciones totales mezcladas bajo condiciones de estrés por calor

Ovino	Consumo de Agua (L)
1	2.08 c
2	4.70 a
3	3.86 ab
4	3.87 ab
5	4.05 ab
6	2.47 bc
\bar{x}	3.50

Medias con letras diferentes difieren $p < 0.05$

(1%), bicarbonato de sodio (1%) y carbonato de calcio (0.5%) (Pérez-Luna et al., 2011). Estas raciones contenían 16.5 y 14.7 % de PB. Según los resultados obtenidos en este experimento podemos inferir que la productividad basada en CA y GPD de los corderos Katahdin no estuvo afectada por el valor de ITH asociado al estrés por calor en animales domésticos. Los parámetros fisiológicos de los corderos fueron valores cerca de los aceptables, con excepción de la tasa respiratoria. Sin embargo, se observó un consumo voluntario normal de materia seca, GPD según esperado y una conversión alimenticia óptima.

Sistema de alimentación a pastoreo versus confinamiento con raciones totales mezcladas (RTM)

En la comparación descriptiva de los parámetros fisiológicos de los corderos alimentados en pastoreo rotacional de PN con suplementación

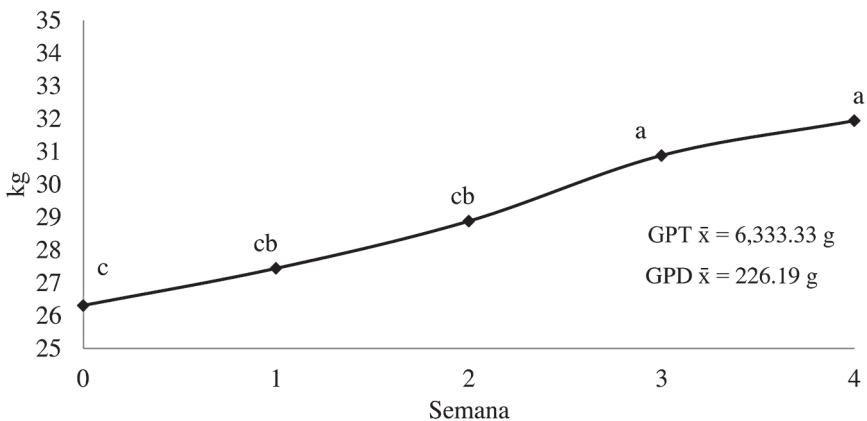


FIGURA 2. Ganancia en peso de ovinos Katahdin alimentados en confinamiento con raciones totales mezcladas (Medias con letras diferentes difieren $p < 0.05$).

CUADRO 8.—*Ganancia en peso diaria y conversión alimenticia de ovinos Katahdin alimentados en confinamiento con raciones totales mezcladas*

Ovino	Ganancia en Peso (g/día)	Conversión Alimenticia
1	178.57	3.46
2	267.86	4.10
3	303.57	3.11
4	214.29	5.17
5	214.29	4.89
6	178.57	4.66
\bar{x}	226.19	4.23

o en confinamiento con RTM se observaron respuestas similares. En ambos casos, la RR y el RC fueron mayores a los valores normales reportados en corderos, pero la TR fue similar. Entre sistemas de alimentación, la RR promedio fue mayor en corderos en confinamiento que en pastoreo por 9 rpm. Este aumento en la tasa respiratoria en corderos confinados puede ser atribuido a factores asociados a las prácticas de manejo utilizadas durante el confinamiento como limpieza de camadas y comederos, cuidado de pezuñas, entre otras. Sin embargo, animales adaptados a condiciones climáticas de calor o frío deben presentar menos variación en sus características fisio-bioquímicas cuando son criados bajo determinadas condiciones (Mahesh-Singh et al., 2016). Los ovinos de pelo son una alternativa para tomarse en consideración al momento de establecer una industria de producción de carne de ovinos en el trópico. Esto se debe a que estos animales son menos susceptibles a los factores asociados a estrés por calor en animales destinados para producción de carne en comparación con los vacunos.

La ganancia en peso total y peso diario en corderos Katahdin alimentados en confinamiento con RTM fue cuatro veces mayor que en animales criollos en pastoreo rotacional de PN (226.2 vs. 55.6 g), resultados atribuibles a la raza y al sistema de alimentación. Sin embargo, es importante mencionar los atributos del cordero criollo que a pesar del estrés calórico y el bajo contenido de nutrientes de las pasturas naturalizadas fue capaz de aumentar su peso corporal. Este tipo de alimentación podría estar dirigida a la producción de carne orgánica y/o ecológica.

Es posible utilizar ovinos criollos alimentados en pastoreo ya que no disminuyen su productividad en condiciones de estrés por calor, sin embargo, las pasturas deben recibir manejo agronómico para maximizar el aporte nutricional a los animales y tener ganancias en peso viables para una industria sostenible. Se presenta la oportunidad de realizar estudios futuros en ovinos bajo condiciones de estrés por calor

alimentados con pasturas naturalizadas mejoradas o con algún tipo de tratamiento agronómico.

Tal como esperado, es posible recomendar la utilización de ovinos de razas puras alimentados en confinamiento con raciones totales mezcladas para sistemas de producción de carne de ovino en Puerto Rico. Según las proporciones de los ingredientes utilizados en la dieta, existe la oportunidad de realizar investigaciones futuras aumentando el porcentaje de inclusión de los granos ya que no hubo un efecto detrimental en los parámetros productivos a causa de condiciones metabólicas.

El consumo de agua no fue mayor al normal en condiciones de altas temperaturas y humedad relativa, lo que presenta la posibilidad de evaluar el efecto de los sistemas de alimentación y condiciones ambientales sobre el consumo de agua de los animales para determinar si existe algún tipo de ajuste metabólico. En resumen, en ambos experimentos los corderos estuvieron expuestos a condiciones ambientales fuera de la zona de confort para animales domésticos con valores de ITH mayores a 72. Para corderos alimentados en ambos sistemas de alimentación, la tasa respiratoria fue el principal mecanismo utilizado para disipar el calor. El ritmo cardiaco también mostró valores ligeramente superiores a los reportados para animales en zona de confort. Sin embargo, los valores de temperatura rectal fueron constantes.

Tal como esperado, los corderos criollos alimentados en pastoreo rotacional de pasturas naturalizadas tuvieron una ganancia en peso diaria menor de 100 g (56.3). Los corderos de la raza Katahdin, alimentados en confinamiento con raciones mixtas totales, tuvieron un consumo voluntario de 3.14% de su peso vivo en base seca, un consumo de materia seca de 935.4 g/día, un consumo de agua promedio de 3.5 L/día, una ganancia en peso diaria de 226.2 g y una conversión alimenticia de 4.23. En condiciones de estrés por calor, es posible obtener ganancias en peso diario y conversiones alimenticias aceptables si se utilizan corderos de razas puras alimentados en confinamiento con dietas formuladas para satisfacer sus requerimientos nutricionales.

LITERATURA CITADA

- Castellaro, G., C. Orellana y J.P. Escanilla, 2015. Manual básico de nutrición y alimentación de ganado ovino. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Disponible en: <http://ficovino.agronomia.uchile.cl/wp-content/uploads/2016/01/Manual-B%C3%A1sico-de-Nutrici%C3%B3n-y-Alimentaci%C3%B3n-Ovina.pdf>.
- Costa, R.G., T.I. Hernández, G.R. Medeiros, A.N. Medeiros, P.S. Azevedo, T.F. Pinto y J.V. Delgado, 2012. Consumo de agua de ovinos alimentados con diferentes niveles de nopal (*Opuntia ficus indica*) en Brazil. *Arch. Zootec.* 61 (234): 301-304.
- De Andrade-Pantoja, M.H., S. Novita-Esteves, M.A. Chagas-Jacinto, J.R. Macedo-Pezopane, C.C. Paro de Paz, J.A. Rodrigues da Silva, J.D.B. Lourenco-Junior, F. Zandonadi-Brandao, A.B. Bossois-Moura, N. Romanello, D. Botta y A. Rossetto-Garcia,

2017. Thermoregulation of male sheep of indigenous or exotic breeds in a tropical environment. *Journal of Biothermal Biology* 69: 302-310.
- De, K., D. Kumar, K. Balaganur, V. Kumar-Saxena, P. Thirumurugan y S.M. Khursheed-Naqvi, 2017. Effect of thermal exposure on physiological adaptability and seminal attributes of rams under semi-arid environment *Journal of Thermal Biology* 65: 113-118.
- Díaz-Rivera, P., G. Torres-Hernández, M.M. Osorio-Arce, P. Pérez-Hernández, P. Pulido-Arbores, C.M. Becerril-Pérez y J.G. Herrera-Haro, 2000. Resistencia a parásitos gastrointestinales en ovinos Florida, Pelibuey y sus cruces en el trópico mexicano. *Agrociencia* 34: 13-20.
- Gonçalves-Titto, C., C.J. Veríssimo, A.M. FrancoPereira, A.D.M. Geraldo, L.M. Katiki y E.A. Lencioni-Titto, 2016. Thermoregulatory response in hair sheep and shorn wool sheep. *Small Ruminant Research* 144: 341-345.
- Hinojosa-Cuéllar, J.A., J. Oliva-Hernández, G. Torres-Hernández y J.C. Segura-Correa, 2013. Comportamiento productivo de corderos F₁ Pelibuey x Balckbelly, y cruces con Dorper y Katahdin en un sistema de producción del trópico húmedo en Tabasco, México. *Arch Med Vet* 45: 135-143.
- Juárez-Reyes, A.S., M.A. Cerrillo-Soto, E. Gutiérrez-Ornelas, E.M. Romero-Treviño, J. Colín-Negrete y H. Bernal-Barragan, 2009. Estimación de valor nutricional de pastos tropicales a partir de análisis convencionales y de la producción de gas *in vitro*. *Téc Pecu Méx* 47(1): 55-67.
- Kawas, J.R., 2008. Producción y utilización de bloques multinutrientes como complemento de forrajes de baja calidad para caprinos y ovinos: la experiencia en regiones semiáridas. *Tecnol. & Ciên. Agropec.*, João Pessoa, v.2, n.3, p.63-69, set. 2008.
- Macías-Cruz, U., M. Gastelum, L. Avendaño-Reyes, A. Correa-Calderon, M. Mellado, A. Chay-Canul y C. Arechiga, 2018. Variations in the thermoregulatory responses of hair ewes during the summer months in a desert climate. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* Volumen 9 Número 4. <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v94.4527>
- Macías-Rioseco, M., J. Armendano, R. Costa, M. Fraga, R. Caffarena, V. Aráoz, M. Pla, F. Giannitti y F. Riet-Correa, 2018. Drop in milk production, acute respiratory signs and deaths associated with heat stress in dairy cattle in Uruguay. Sociedad de Medicina Veterinaria de Uruguay. *Veterinaria (Montevideo)* Volumen 54 N° 209 - 1 (2018) 4-8. DOI: 10.29155/VET.54.209.1
- Mahesh-Singh K., S. Singh, I. Ganguly, A. Ganguly, R.K. Nachiappan, A. Chopra y H.K. Narula, 2016. Evaluation of Indian sheep breeds of arid zone under heat stress condition. *Small Ruminant Research* 141: 113-117.
- Marai, I.F.M., A.A. El-Darawany, A. Fadiel y M.A.M. Abdel-Hafez, 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep - A review. *Small Ruminant Research* 71: 1-12.
- Mares-Martins, V.M., 1983. Bases fisiológicas para el manejo de pasturas tropicales. *Aspectos en la Utilización y Producción de Forrajes en el Trópico* 3: 11-24.
- Más, E.G. y M. Lugo-Torres, 2013. Malezas Comunes en Puerto Rico e Islas Vírgenes americanas. Universidad de Puerto Rico, University of Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez/Mayagüez Campus. USDA Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Natural Resources Conservation Service. Área del Caribe/Caribbean Area. Disponible en: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_PLANTMATERIALS/publications/prpmbck13_Part-04-N-S.pdf.
- Meehan, M.A., G. Stokka y M. Mostrom, 2015. Livestock Water Requirements. NDSU Extension Service. Disponible en: <https://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/livestoc/as1763.pdf>
- Mendoza-González, A., A. Berumen-Alatorre, E. Santamaría-Mayo y G. Vera y Cuspínera, 2010. Diagnóstico Clínico de Ovino. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Muñoz-Osorio, G.A., A.J. Aguilar-Caballero, L.A. Sarmiento-Franco, M. Wursinger y L.A. Alavez-Ramírez, 2018. Post-weaning growth of pure and crossbred hair lambs under the tropical Mexican conditions. *Arch. Zootec.* 67 (257): 149-152.
- NRC, 2001. National Research Council. Nutrients Requirements of Dairy Cattle. *Seventh Revised Edition*. Washington, DC. <https://doi.org/10.17226/9825>

- Oliva-Hernández, J., M. Barrón-Arredondo, L. Granados-Zurita y J. Quiroz-Valiente, 2013. Crecimiento de corderos en pastoreo, limitantes y retos. *Kuxulkab Revista de Divulgación* Vol. XIX N. 37. ISSN - 1665-0514.
- Pérez-Luna, E.D.J., M.C. García-Ángel, S. Albores-Moreno, R. Sosa-Rincón y H. León-Velasco, 2011. Parámetros productivos de ovinos de pelo en un sistema de alimentación intensiva en la región central de Chiapas. *Quehacer Científico en Chiapas* 1(12): 7-13.
- Ramírez de la Ribera, J.L., D.A. Zambrano-Burgos, J. Campuzano, D.M. Verdecia-Acosta, E. Chacón-Marcheco, Y. Arceo-Benítez, J. Labrada-Ching y H. Uvidia-Cabadiana, 2017. El clima y su influencia en la producción de los pastos. *Revista Electrónica de Veterinaria*. Volumen 18 No. 6 - <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060617.html>
- Rodríguez-Ramírez, M.R., A. González-Sotelo, A. Yáñez-Muñoz, M. Silva-Luna y C.I. Gómez-Escobar, 2013. Composición química de recursos forrajeros para la alimentación de ovinos en Colima. *Folleto técnico* Núm. 3. ISBN: 978-607-37-0037-5.
- Sáenz-García, A.A., 2007. Ovinos y Caprinos. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Ciencia Animal. Managua, Nicaragua. Disponible en: <http://repositorio.una.edu.ni/2442/1/nl01s127o.pdf>
- SAS Institute Inc., 2009. SAS/STAT® 9.2 User's Guide, Second Edition. Cary, NC.
- Srikandakumar A., E.H. Johnson y O. Mahgoub, 2003. Effect of heat stress on respiratory rate, rectal temperature and blood chemistry in Omani and Australian Merino sheep. *Small Ruminant Research* 49: 193-198.
- Vitali, A., M. Segnalini, L. Bertocchi, U. Bernabucci, A. Nardone y N. Lacetera, 2009. Seasonal pattern of mortality and relationships between mortality and temperature-humidity index in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92: 3781-3790. doi: 10.3168/jds.2009-2127
- Weather Underground: <https://www.wunderground.com/personal-weatherstation/dashboard?ID=IMAYAGEZ2#history/s20170628/e20170705/mweek>

