

# CARACTERIZACIÓN HISTOQUÍMICA Y MORFOMÉTRICA DE LA MUSCULATURA ESQUELÉTICA DEL MIEMBRO PELVIANO DEL CAPRINO (*Capra hircus*).

## Histochemical and Morphometric Characterization of the Skeletal Musculature of the Hind Limb of the Caprine (*Capra hircus*).

Kenny Reyes Q.<sup>1</sup>, Sonia Hecker de Torres<sup>2</sup>, Eudomar Perozo Prieto<sup>3</sup>, María de Lourdes Pérez-Arévalo<sup>3</sup>, Mario Riera Nieves<sup>3</sup> y Vicente Vilá Valls<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Experimental Francisco de Miranda, Coro, Venezuela.

<sup>2</sup> Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

<sup>3</sup> Unidad de Investigación en Ciencias Morfológicas (UNICIM). Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. E-mail: rieram@hotmail.com

### RESUMEN

Se estudiaron los músculos de la región de la cadera, del muslo y del pie del miembro pelviano del caprino, en condiciones de explotación semi-intensiva con técnicas histoquímicas, con la finalidad de conocer la distribución porcentual de los distintos tipos de fibras. Además, contribuye a la caracterización del músculo normal, condición indispensable para el estudio posterior de la patología, la genética y eventualmente, para determinar algunas características organolépticas de la carne. Se tomaron muestras *in vivo* de los músculos bíceps femoral, glúteo medio, glúteo profundo, vasto intermedio, vasto lateral, gastrocnemios, soleo, semimembranoso, semitendinoso y tensor de la fascia lata, en cinco (5) cabras de 21-30 Kg. de peso. Las muestras se congelaron en isopentano enfriado en nitrógeno líquido. Los cortes se realizaron en un criostato a -20°C, con un espesor de 10 µm. Se realizaron las reacciones de la Adenosina Trifosfatasa (ATP-asa) con un pH de preincubación 4,33 y 4,37 para determinar la distribución porcentual de tipos de fibras. El músculo vasto intermedio presentó 100% de fibras tipo I. Los tres músculos glúteos mostraron alrededor de 45% fibras tipo I, 22% de tipo IIa y 33% tipo IIb. El resto de los músculos tuvo 29% de las fibras tipo I, 31% del tipo IIa y 40% del tipo IIb. El promedio de área de fibra más alto correspondió al músculo vasto intermedio con 4.070 µm<sup>2</sup> y el promedio de área por tipo de fibra reveló que la fibra más grande fue la fibra tipo I con 2.682 µm<sup>2</sup> y la más pequeña fue la tipo IIb con 2.046

µm<sup>2</sup>. En conclusión, se caracterizó la composición miofibrilar de diez (10) músculos del miembro pelviano de caprino de la raza Alpino Francés.

**Palabras clave:** Caracterización histoquímica, musculatura esquelética, cabras.

### ABSTRACT

The muscles of the hip, high and leg region of the goats were studied under conditions of exploitation semi intensive with technical histochemical, with the purpose of knowing the percentage distribution of the different types of fibers, that which contributes to the characterization of the normal muscle, indispensable condition for the later study of the pathology, the genetic one and possibly to determine some organoleptics characteristic of the meat. They took samples in alive of the muscles Biceps femoris, Middle gluteal, Deep gluteal, Vastus intermedius, Vastus lateralis, Gastrocnemius, Soleus, Semimembranosus, Semitendinosus and Tensor fasciae latae, in five (5) goats of 21-30 Kg. of weight. The samples froze in isopentano cooled in liquid nitrogen. The cuts were carried out in a cryostat to -20°C, with a thickness of 10 µm. They were carried out the reactions of the Adenosine Trifosfatase (ATP-handle) with a pH of preincubation 4.33 and 4.37 to determine the percentage distribution of types of fibers. The muscle Vastus intermedius presents 100% of fibers type I, almost all of high capacity oxidative. The three muscles Gluteal showed around 45% fibers type I, 22% typella and 33% type IIb. The rest of the muscles had 29% of the fibers type I, 31% of the type IIa and 40% of the type IIb. The highest average of fiber area was

that of the m. *Vastus intermedius* with 4,070  $\mu\text{m}^2$  and the area average for fiber type revealed that the biggest fiber was the fiber type I with 2,682  $\mu\text{m}^2$  and the smallest was the type IIb with 2,046  $\mu\text{m}^2$ . In conclusion, the composition myofibril of ten was characterized (10) muscles of the later member of goats of the French Alpine breed.

**Key word:** Histochemical characterization, skeletal musculature, goats.

## INTRODUCCIÓN

La importancia económica y social que reviste la cría de caprinos para las zonas áridas y semiáridas, ha sido reportada por muchos autores [1, 12, 20, 21]. Se estima que las áreas destinadas a la producción de esta especie constituyen alrededor del 43% de la superficie total del globo terrestre.

En Venezuela, aproximadamente el 4,8% del territorio nacional es árido o semiárido y en él habita el 20% de la población total. La escasez de agua, asociada a factores naturales, característicos de estas zonas, induce a su vez a problemas socioeconómicos que constituyen restricciones significativas para el desarrollo de cualquier sistema de producción agrícola. No obstante los caprinos, por su condición de rumiantes menores y aunados al potencial de especies forrajeras existentes en estas zonas, ofrecen una oportunidad para desarrollar sistemas de producción animal competitivos y eficientes, se debe destacar la adaptación biológica y ecológica, bajo condiciones de un medio ambiente hostil [19].

Tradicionalmente, la cría de caprinos en Venezuela se ha desarrollado en las zonas áridas y semiáridas. Estas presentan una serie de características agroecológicas como son: suelo, clima, vegetación, temperatura, etc., que son las que han permitido especialmente la explotación del caprino y no la de otras especies. El tipo de animal que conforma la población caprina del país está constituido en su mayoría por animales criollos y mestizos de baja producción de leche, carne y baja eficiencia reproductiva, los cuales se hallan propensos a muchas enfermedades parasitarias, infecciosas y metabólicas. Todo esto a consecuencia de un alto nivel de consanguinidad y a la racionalización alimenticia impuesta por el medio ambiente [17].

En el campo de la investigación científica, el caprino ha sido una especie animal relegada a un segundo plano. El esfuerzo ha estado destinado u orientado a otras especies como lo son los bovinos, porcinos, equinos y las aves. Existen pocas investigaciones acerca del aparato locomotor de esta especie y en especial, en lo referido al sistema muscular.

El conocimiento de ello es básico, no sólo porque la carne del caprino constituye una fuente de alimento para la población y un ingreso económico para las personas que se dedican a su explotación, sino porque el mismo es fundamental para la clínica veterinaria. Esta especie es afectada por una gran variedad de entidades patológicas de diferentes etiologías que lesionan mor-

fológicamente al sistema muscular del caprino. Es por esta razón que surge la necesidad de desarrollar la presente investigación, la cual tiene por finalidad caracterizar histoquímicamente la musculatura esquelética del miembro pelviano (posterior) del Caprino (*Capra hircus*) en condiciones normales y determinar la distribución porcentual de los tipos de fibras en un grupo de músculos de la región de la cadera, el muslo y la pierna, por medio de la reacción de la ATPasa miosínica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Unidades experimentales

Se utilizó como animal experimental al caprino de la especie *Capra hircus*, de la raza mestiza Alpino Francés, procedentes de la Estación Experimental Dabajuro perteneciente a la Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda" (UNEFM), ubicada en el municipio Autónomo Dabajuro del estado Falcón, Venezuela. El número de animales seleccionados fue de cinco (5) caprinos, de 3 años de edad, hembras, mestizos con predominancia a la raza Alpino Francés, con un peso comprendido entre los 21 y 30 kgs. Fueron sometidos todos a las mismas condiciones de explotación semi-intensiva (alojamiento, alimentación y sanidad animal), en donde los animales eran recogidos por la tarde en los corrales y en el día se soltaban a pastorear en los potreros.

### Músculos

Se escogieron diez músculos (M) de la región de la cadera, el muslo y el pie del lado derecho del caprino. Las muestras en los animales se tomaron a una profundidad de 0,5 mm y el plano de ubicación por músculos fue el siguiente:

- M. *Biceps Femoral* (FB) en la parte media-superficial en su porción vertebral.
- M. *Glúteo Medio* (GM) en la parte media del músculo en su porción dorsal.
- M. *Glúteo Profundo* (GP) en la parte media del músculo en su porción dorsal.
- M. *Tensor de la Fascia Lata* (TFL) en la parte medial del músculo en su porción craneal.
- M. *Semitendinoso* (ST) en la parte medial del músculo en su porción caudal.
- M. *Semimembranoso* (SM) en la parte medial del músculo en su porción caudal.
- M. *Vasto Lateral* (VL) en la parte medial del músculo en su porción craneal.
- M. *Vasto Intermedio* (VI) en la parte medial del músculo en su porción caudal.
- M. *Soleo* (Sol) en la parte medial del músculo en su porción caudal.
- M. *Gastrocnemio Lateral* (GL) en la parte medial del músculo en su porción caudal.

### Toma de muestras

Los caprinos seleccionados para el estudio fueron insensibilizados, luego se procedió a la toma y recolección de muestras a través de biopsias por disección quirúrgica de los músculos que previamente se habían seleccionado por su fácil y asequible ubicación topográfica en la especie caprina. Las muestras recolectadas tenían un tamaño aproximado de 3 x 3 x 5 mm, fueron tomadas en la misma posición anatómica y topográfica para cada uno de los músculos del miembro pelviano del caprino. Las muestras se colocaron en posición vertical (con los ejes longitudinales de las fibras perpendiculares a la superficie) sobre corchos de 2 cms de diámetro previamente rotulados y envueltos en papel de aluminio. Se cubrieron las muestras rápidamente con el medio de embebimiento (O.C.T-Compound Tissue Teck®) y luego se congelaron en isopentano enfriado en nitrógeno líquido por unos segundos, hasta que la muestra quedó completamente cubierta por el medio congelado. Después de congeladas, las muestras se colocaron y almacenaron en un termo de nitrógeno líquido a -160°C, luego se transportaron al laboratorio donde fueron procesadas.

### Corte

Las muestras se cortaron en secciones transversales con un espesor de 10 µm. Se utilizó un Criostato (Crio-cut American Optical Corporation, ™) a -20°C. Los cortes obtenidos se colocaron en serie sobre láminas cubre objeto individuales que fueron separadas en envases de vidrio para las reacciones correspondientes.

### Reacciones Histoquímicas

Se utilizaron las siguientes reacciones histoquímicas:

- Adenosina trifosfatasa miofibrilar (ATPasa miosínica) a pH de pre-incubación alcalina (10,3) y a pH de pre-incubación ácida (4,6 –4,37 –4,33) descrita por Brooke y Kaiser 1970-b [7]; Padykula y Hernan, 1955 [13]; Guth y Samaha, 1969 [18], esta reacción permitió la clasificación de los tipos de fibras, lo cual fue posible al comparar láminas seriadas y teñidas con las diferentes preincubaciones y en donde se identificaron fibras tipo I, IIa y IIb.
- Para cada músculo se realizó la coloración convencional de Hematoxilina-Eosina (HE), utilizada como control para identificar el campo a utilizar, el patrón morfológico microscopio de cada muestra y cualquier alteración eventual que presentasen los cortes seriados de cada músculo.

### Análisis Histoquímico

#### Clasificación de tipos de fibras:

Se utilizaron láminas teñidas con la reacción de la ATPasa miosínica, preincubadas a pH alcalino (10,3) y a pH ácido (4,6; 4,37 y 4,33). Se observaron al microscopio de luz con el objeto de identificar los tres fenotipos básicos de las fibras: los

tipos I, IIa y IIb siguiendo la nomenclatura de Brooke y Kaiser [5]. Se contaron un mínimo de 200 fibras en cada muestra para posibilitar el cálculo del porcentaje de cada tipo [4].

#### Área de las fibras:

El área de las fibras fue medida en las microfotografías tomadas al microscopio de luz de las láminas teñidas con -amilasa-PAS a un aumento equivalente por cada mm<sup>2</sup> = 39.204, utilizando un planímetro y tomando para el cálculo el promedio de al menos, 25 fibras de cada tipo, según lo sugerido por Blomstrand y Ekblom [4].

#### Tamaño promedio de las fibras:

$$\text{Area Total de una Fibra} = \frac{\text{Superficie Total (mm}^2\text{)} \times 10^6}{\text{N}^\circ \text{ de Fibras Totales} \times \text{Aumento}} \quad (\mu\text{m}^2)$$

#### Tamaño promedio parcial de cada tipo de las fibras:

#### Area de cada tipo de Fibra =

$$\frac{\text{Superficie Medida de la Fibra de un Tipo (mm}^2\text{)} \times 10^6}{\text{N}^\circ \text{ de Fibras del Tipo} \times \text{Aumento}} \quad (\mu\text{m}^2)$$

Se practicó una prueba de "T de Student" para comparar los músculos y determinar si existían diferencias significativas entre ellos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Siguiendo la clasificación propuesta por Brooke y Kaiser [6], los músculos estudiados mostraron en la reacción de la ATPasa miosínica el siguiente patrón de tinción a diferentes pH de pre-incubación:

A pH alcalino (10,3) las fibras tipo I son claras y las fibras tipo II se tiñen de oscuro como lo muestran las FIGS. 4 y 5.

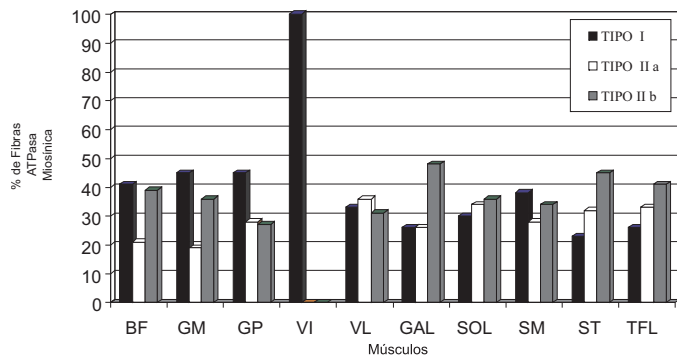
A pH ácido (4,6; 4,37 y 4,33) se determinó que en los dos últimos pH se podían identificar claramente con el microscopio óptico los tres tipos de fibras (tipo I, IIa y IIb). En los pHs de pre-incubación las fibras tipo I se tiñen de oscuro, las tipo IIb son claras y las IIa se tiñen con una coloración intermedia como lo muestran las FIGS. 6 y 7.

Los resultados obtenidos en la clasificación de tipos de fibras de los músculos del miembro pelviano del caprino, mediante la reacción de la ATPasa miosínica, están expresados en la TABLA I y la FIG. 1, en donde los músculos glúteos mostraron alrededor de 43% de fibras tipo I, 23% de fibras tipo II a y 34% de fibras tipo IIb. El músculo vasto intermedio presentó un 100% de fibras tipo I (FIG. 6) y los otros músculos presen-

**TABLA I**  
**CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS MUSCULARES DEL MIEMBRO PELVIANO DEL CAPRINO, DETERMINADA POR LA REACCIÓN DE LA ADENOSIN TRIFOSFATASA MIOSINICA/CLASIFICATION OF THE MUSCULAR FIBERS OF THE HIND LIMB OF THE CAPRINE, DETERMINATED FOR THE REACTION OF THE ADENOSINE TRISFOSFATASE MYOSIN**

Músculos	ATPasa – pH 4,33 - 4,37 Tipos de Fibras (%)		
	I	II a	IIb
M. Bíceps Femoral	40 ± 4	21 ± 5	39 ± 5
M. Glúteo Medio	45 ± 6	19 ± 8	36 ± 10
M. Glúteo Profundo	45 ± 10	28 ± 8	27 ± 5
M. Vasto Intermedio	100 ± 0	0	0
M. Vasto Lateral	33 ± 2	36 ± 12	31 ± 13
M. Gastrocnemios	26 ± 10	26 ± 6	48 ± 7
M. Soleo	30 ± 3	34 ± 8	36 ± 11
M. Semimembranoso	38 ± 6	28 ± 6	34 ± 1
M. Semitendinoso	23 ± 10	32 ± 4	45 ± 10
M. Tensor Fascia Lata	26 ± 1	33 ± 9	41 ± 9

Cada cifra es promedio de 5 músculos ± desviación estándar.



**FIGURA 1. CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES DEL MIEMBRO PELVIANO DEL CAPRINO, DETERMINADA POR LA REACCIÓN DE LA ADENOSIN TRIFOSFATASA MIOSINICA. BF: BICEPS FEMORAL, GM: GLUTEO MEDIO, GP: GLUTEO PROFUNDO, VI: VASTO INTERMEDIO, VL: VASTO LATERAL, GAL: GASTROCNEMIO LATERAL, SOL: SOLEO, SM: SEMIMEMBRANOSO, ST: SEMITENDINOSO Y TFL: TENSOR DE LA FASCIA LATA/ CLASIFICATION OF THE TUPER OF MUSCULAR FIBERS OF THE HIND LIMB OF THE CAPRINE, DETERMINATED FOR THE REACTION OF THE ADENOSINE TRISFOSFATASE MYOSIN. BF: BICEPS FEMORIS, GM: MIDDLE GLUTEAL, GP: DEEP GLUTEAL, VI: VASTUS INTERMEDINS, VL: VASTUS LATERALIS, GAL: GASTROCNEMIUS LATERALIS, SOL: SOLEUS, SM: SEMIMEMBRANOSUS, ST: SEMITENDINOSUS Y TFL: TENSOR FASCIAE LATAE.**

taron en promedio un 29% de fibras tipo I, 31% de fibras tipo II a y 40% de fibras tipo II b.

Las mediciones de las áreas de las fibras de la musculatura del miembro pelviano del caprino se pueden observar en la TABLA II y las FIGS. 2 y 3, en los cuales se presentan los

resultados de 4 músculos expresados en  $\mu\text{m}^2$  (biceps femoral, vasto lateral, tensor de la fascia lata y vasto intermedio). Previamente al grupo original de 10 músculos, se le practicó la prueba de "t de Student" y de ésta se derivó que los músculos estudiados podían agruparse en cuatro grupos diferentes entre sí, de los cuales se tomó al músculo que presentaba la menor desviación estándar para representar al grupo.

Del estudio morfométrico se deriva que en la musculatura del miembro pelviano del caprino, el área promedio de las fibras osciló entre 1.728 y 4.070  $\mu\text{m}^2$ , correspondiendo este último valor al músculo vasto intermedio, el cual tiene un 100% de fibras tipo I. Se encontró que el promedio de las fibras más grandes corresponden a las tipo I con un área de 2.682  $\mu\text{m}^2$ , seguida de la tipo IIa con 2.144  $\mu\text{m}^2$  y las tipo II b con 2.046  $\mu\text{m}^2$ .

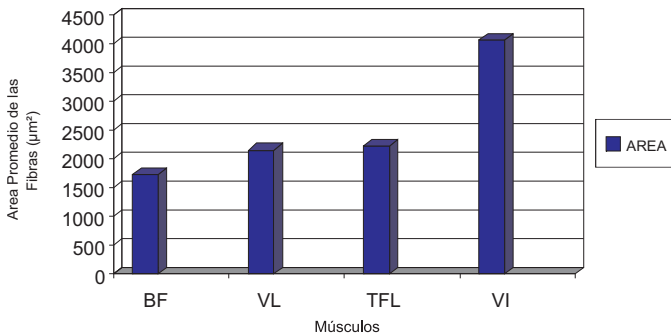
La reacción de la ATPasa miosínica, permitió en este estudio la diferenciación de los tipos de fibras según la coloración histoquímica que presentaron las fibras [18]. A pH alcalino de 10,3 los resultados encontrados coinciden con lo propuesto por Engel [11] y por Dubowitz [9], quienes utilizaron un pH alcalino de 9,4 y encontraron que la actividad ATPasa fue alta en las fibras tipo II y baja en las fibras tipo I, o sea que a este pH, las fibras tipo I son claras y las tipo II son oscuras. A pH de pre-incubación ácida los resultados encontrados coinciden con los propuestos por Brooke y Kaiser [6, 7], Dubowitz y Brooke [10] y Sucre y col. [23], en donde las fibras tipo II pudieron ser sub-divididas en IIa y IIb. Sin embargo, difieren de Arguello [2] quien identificó y clasificó tres tipos de fibras en: I, IIa y IIx y, en el 21% de la población analizada encontró fibras híbridas IIax.

En la musculatura del miembro pelviano del caprino, el pH de pre-incubación óptimo encontrado osciló entre 4,33 y

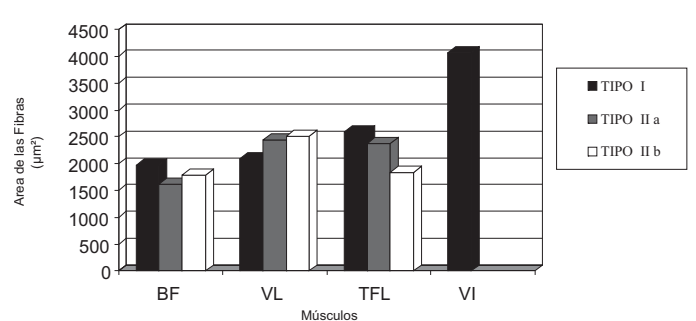
**TABLA II**  
**ÁREA DE LAS FIBRAS ( $\mu\text{m}^2$ ) DE LA MUSCULATURA DEL MIEMBRO PELVIANO DEL CAPRINO/**  
**AREA OF THE FIBERS ( $\mu\text{m}^2$ ) OF THE MUSCULATURE OF THE HIND LIMB OF THE CAPRINE**

Músculo	Área promedio de las fibras ( $\mu\text{m}^2$ )	Area Fibra Tipo I ( $\mu\text{m}^2$ )	Area Fibra Tipo I I a ( $\mu\text{m}^2$ )	Area Fibra Tipo I I b ( $\mu\text{m}^2$ )
Bíceps Femoral	1.728 $\pm$ 462	1.974 $\pm$ 288	1.618 $\pm$ 689	1.789 $\pm$ 563
Vasto Lateral	2.153 $\pm$ 1.012	2.087 $\pm$ 924	2.442 $\pm$ 1.157	2.511 $\pm$ 1.306
Tensor de la Fascia Lata	2.228 $\pm$ 423	2.596 $\pm$ 559	2.373 $\pm$ 540	1.840 $\pm$ 347
Vasto Intermedio	4.070 $\pm$ 537	4.070 $\pm$ 537	-	-
Valor Promedio	2.545	2.682	2.144	2.046

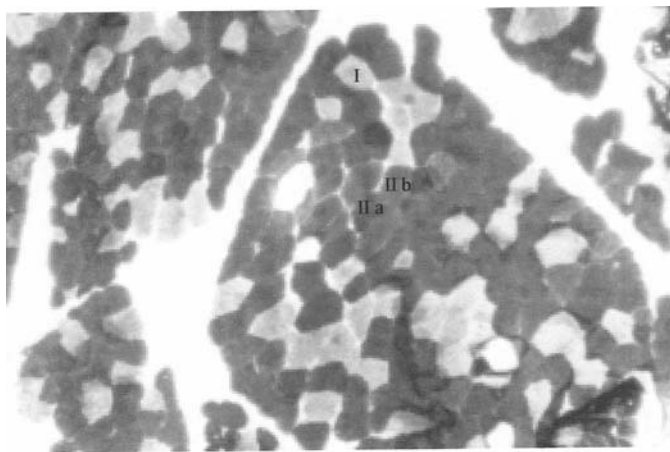
Cada cifra es promedio de 5 músculos  $\pm$  desviación estándar.



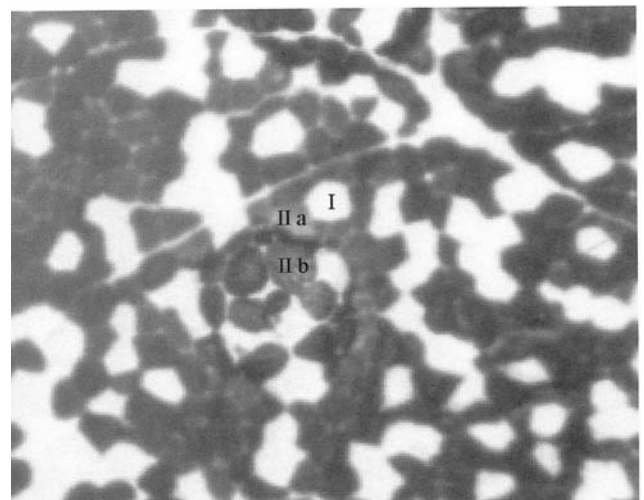
**FIGURA 2. ÁREA PROMEDIO DE LAS FIBRAS ( $\mu\text{m}^2$ ) DE LA MUSCULATURA DEL MIEMBRO PELVIANO DEL CAPRINO. BF: BICEPS FEMORAL, VL: VASTO LATERAL, TFL: TENSOR DE LA FASCIA LATA Y VI: VASTO INTERMEDIO/ AVERAGE AREA OF THE FIBERS ( $\mu\text{m}^2$ ) OF THE MUSCULATURE OF THE HIND LIMB OF THE CAPRINE. BF: BICEPS FEMORIS, VL: VASTUS LATERALIS, TFL: TENSOR FASCIAE LATAE Y VI: VASTUS INTERMEDIUS.**



**FIGURA 3. ÁREA DE LAS FIBRAS ( $\mu\text{m}^2$ ) DE LA MUSCULATURA DEL MIEMBRO POSTERIOR DEL CAPRINO. BF: BICEPS FEMORAL, VL: VASTO LATERAL, TFL: TENSOR DE LA FASCIA LATA Y VI: VASTO INTERMEDIO/ AREA OF THE FIBERS ( $\mu\text{m}^2$ ) OF THE MUSCULATURE OF THE HIND LIMB OF THE CAPRINE. BF: BICEPS FEMORIS, VL: VASTUS LATERALIS, TFL: TENSOR FASCIAE LATAE Y VI: VASTUS INTERMEDIUS.**

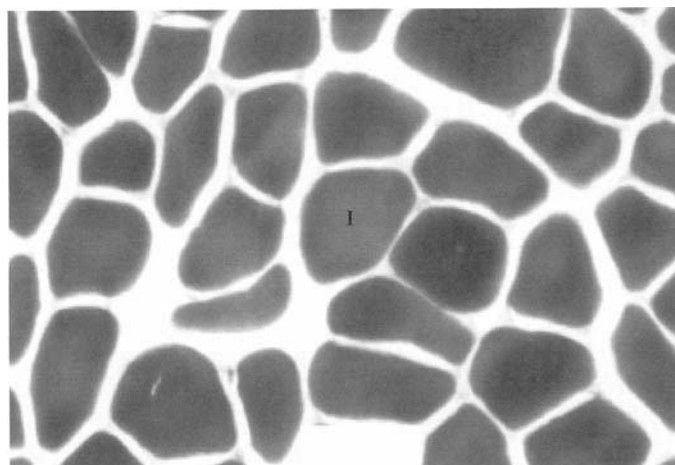


**FIGURA 4. MICROFOTOGRAFÍA DE MÚSCULO SEMITENDINOSO. REACCIÓN ATPasa MIOSÍNICA PH 10,3 AUMENTO 80X. I = FIBRA TIPO I, IIa = FIBRA TIPO IIa Y IIb = FIBRA TIPO IIb/ MICROGRAPH OF THE SEMITENDINOSUS MUSCLE. REACTION ATPasa MYOSIN PH 10,3 AUGMENTATION 80 X. I= FIBER TYPE I, IIa= FIBER TYPE IIa Y IIb= FIBER TYPE IIb.**



**FIGURA 5. MICROFOTOGRAFÍA DE MÚSCULO SEMITENDINOSO. REACCIÓN ATPasa MIOSÍNICA A PH DE 10,3. AUMENTO 80X. I = FIBRA TIPO I, IIa = FIBRA TIPO IIa Y IIb = FIBRA TIPO IIb/ MICROGRAPH OF THE SEMITENDINOSUS MUSCLE. REACTION ATPasa MYOSIN PH 10,3 AUGMENTATION 80 X. I= FIBER TYPE I, IIa= FIBER TYPE IIa Y IIb= FIBER TYPE IIb.**



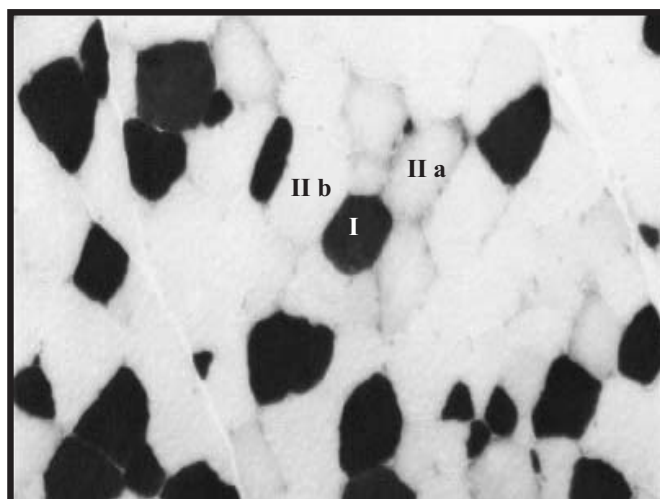


**FIGURA 6. MICROFOTOGRAFÍA DE MÚSCULO VASTO INTERMEDIO. REACCIÓN ATPasa MIOSÍNICA PH 4,33. AUMENTO 200X. I = FIBRA TIPO I /MICROGRAPH OF THE VASTUS INTERMEDIUS MUSCLE. REACTION ATPasa MYOSIN PH 4,33 AUGMENTATION 200 X. I= FIBER TYPE I.**

4,37 permitiendo evidenciar claramente tres tipos de fibras (tipo I, IIa y IIb).

Los resultados encontrados mediante la reacción de la ATPasa miosínica en el caprino, coinciden con los propuestos por Suzuki y Tamate [24], los cuales clasificaron a las fibras de la musculatura de la cadera y el muslo del miembro pelviano de las ovejas en tipo I, IIa y IIb. También se ha encontrado la presencia de tres tipos de fibras en el músculo gastronemio de camellos [27]. El *m. vasto intermedio* tiene únicamente fibras tipo I como en ovejas que también presentó un 100% de fibras tipo I [26]. Este último resultado sugiere que en el *m. vasto intermedio* del caprino, el trabajo muscular requiere de una contracción sostenida durante tiempo prolongado y con moderada potencia. También concuerda con los resultados encontrados por Torres y col. [25], en individuos que practicaban la actividad de aguante o resistencia en donde hubo un predominio de fibras tipo I. Los músculos glúteos del caprino presentaron una proporción de fibras tipo I de 43%, la cual es menor se le compara con el 50% encontrado en ovejas [24]. Los otros músculos del miembro pelviano del caprino mostraron, al igual que de las ovejas, una proporción menor al 50% de fibras tipo I. Según sugiere Trigo [26], son músculos que obedecen a estímulos nerviosos voluntarios, con contracción potente de corta duración y que concuerda con lo encontrado por Torres y col. [25]. En los individuos que practican carreras cortas y saltos de valla, donde predominan las fibras tipo II sobre las de tipo I, en especial las fibras tipo IIb.

En relación a la proporción de tipos de fibras, se encontró que los resultados hallados en este estudio, coinciden con lo propuesto en músculos de vías aéreas superiores de las cabras [14], donde hay un predominio de fibras Tipo II sobre el tipo I, exceptuando al músculo *vasto intermedio* que en los caprinos presenta un 100% de fibras tipo I.



**FIGURA 7. MICROFOTOGRAFÍA DE MÚSCULO TENSOR FASCIAE LATAE. REACCIÓN ATPasa MIOSÍNICA PH 4,33 AUMENTO 200X. I = FIBRA TIPO I, IIa = FIBRA TIPO IIa Y IIb = FIBRA TIPO IIb/ MICROGRAPH OF THE TENSOR FASCIAE LATAE MUSCLE. REACTION ATPasa MYOSIN PH 4,33 AUGMENTATION 200 X. I= FIBER TYPE I, IIa= FIBER TYPE IIa Y IIb= FIBER TYPE IIb.**

El predominio de las fibras tipo II sobre las I encontrado en los caprinos de este estudio, también fue hallado en músculos *gastrocnemius* y *peroneus longus* de los bovinos normales y afectados por el síndrome parapléjico [15].

Al comparar los resultados de la clasificación de los tipos de fibras de la musculatura del miembro pelviano del caprino con los encontrados por Atkinson y col. [3] en cabras con miotonía distrófica y normal, los mismos son diferentes.

En las mediciones de área de las fibras musculares del miembro pelviano del caprino, no se realizaron pruebas para determinar diferencias significativas. Se encontró que el promedio de área más alto correspondió al *m. vasto intermedio* ( $4.070 \mu\text{m}^2$ ), el cual en su totalidad está constituido por fibras tipo I. El promedio de área por tipo de fibras más alto, la fibra más grande fue la fibra tipo I ( $2.682 \mu\text{m}^2$ ), seguida en tamaño por la tipo IIa ( $2.144 \mu\text{m}^2$ ), y las más pequeña fue la tipo IIb ( $2.046 \mu\text{m}^2$ ). Es contrario a lo propuesto por Díaz [8], donde las mayores áreas por tipo de fibra corresponden a las fibras tipo IIa y IIb en músculos de chiguirees adultos (y en la mayoría de las especies).

Al comparar las mediciones promedio de área por tipo de fibra en caprinos que fue de  $2.046 \mu\text{m}^2$  para las fibras tipo IIb. Este valor es bajo cuando se le compara con los valores normales hallados en mujeres [16], el cual es de  $3.100 \mu\text{m}^2 \pm 618$ . Igual resultado hallaron al comparar este promedio de área con equinos inactivos y entrenados [22].

Al comparar los resultados morfométricos en músculos de vías aéreas superiores de cabras [14], expresados en medidas de diámetro, con los obtenido en este estudio, convertidos también a diámetro se encontró: Un rango menor de diámetro que oscila entre  $27,7 \mu\text{m}$  a  $46,1 \mu\text{m}$  en músculos de vías aéreas superiores y  $46,8 \mu\text{m}$  a  $71,8 \mu\text{m}$  de músculos del miem-

bro pelviano del caprino. En cabras normales [3], los diámetros detectados son menores, en los diferentes tipos de fibras (31,7 tipo I; 47,7 tipo IIa y 40,2 tipo IIb) en comparación con los obtenidos al convertir a diámetros los valores hallados en el presente estudio, para cada una de los tipos de fibras (58,4 tipo I; 52,2 tipo IIa y 50,0 tipo IIb).

## CONCLUSIONES

La técnica de biopsia muscular utilizada resultó adecuada, ya que permitió la caracterización histoquímica en cada uno de los procedimientos o reacciones que se aplicaron.

Las técnicas histoquímicas implementadas para la clasificación de tipos de fibra permitieron clasificar las fibras en tipo I, tipo IIa y tipo IIb.

El músculo *vasto intermedio* presentó 100% de fibras tipo I. Los músculos glúteos mostraron alrededor de 43% de fibras tipo I, 23% de fibras tipo IIa y 34% de fibras tipo IIb. Los otros músculos presentaron el 29% de fibras tipo I, el 31% de fibras tipo IIa y el 40% de fibras tipo IIb.

El promedio del área de fibras más alto fue el del m. *vasto intermedio* con 4.070  $\mu\text{m}^2$  y el promedio de área por tipo de fibra reveló que la fibra más grande fue la fibra tipo I con 2.682  $\mu\text{m}^2$  y la más pequeña fue la tipo IIb con 2.046  $\mu\text{m}^2$ .

Se debe relacionar la caracterización de los tipos de fibras musculares, con las capacidades oxidativa y glicolítica y además estudiar aspectos de capilaridad.

Realizar estudios similares al presente en otros músculos del caprino, para caracterizar en forma general la musculatura esquelética de esta especie e incorporar después otras variables que pueden ser: edad, sexo, raza y condiciones patológicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ARBIZA, S. **Producción de Caprinos**. Ed. S.A. Arbiza A.G. T. México. 188 –206 pp. 1986.
- [2] ARGUELLO, A.; LÓPEZ, J.; RIVERO, J. Limb myosin heavy chain isoproteins and muscle fiber types in the adult goat (*Capra hircus*). **Anat. Rec.** 264:284-293. 2001.
- [3] ATKINSON, J.; SWIFT, L.; LEQUIRE, V. A histochemical and ultrastructural study in the goat: Comparison with abnormalities found in human myotonia dystrophica. **Am. J. Pathol.** 102: 324 – 335. 1981.
- [4] BROMSTRAD, E.; EKBLUM, B. Needle biopsy technique for fiber type determination in human skeletal muscle a methodological study. **Acta Physiol. Scand.** 116: 437 – 442. 1982.
- [5] BROOKE, M.; KAISER, K. Some comments on the histochemical characterization of muscle adenosine triphosphatase. **J. Histochem. Cytochem.** 17: 431-432. 1969.
- [6] BROOKE, M.; KAISER, K. Muscle fibers types. How many and what kind. **Arch. Neurol.** 23: 369-379. 1970-a.
- [7] BROOKE, M.; KAISER, K. Three “myosin adenosinotriphosphate” systems: The nature of their pH lability and sulfhydryl dependence. **J. Histochem Cytochem.** 18: 670-672. 1970-b.
- [8] DÍAZ, M. Relación entre la ultraestructura y la histoquímica de la musculatura esquelética del Chiguire (*Hydrochoerus hydrochaeris hydrochaeris*) y su utilización como carne. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias U.C.V. Caracas-Venezuela. Tesis de Post-Grado. 60-69 pp. 1992.
- [9] DUBOWITZ, V. Muscle Biopsy. A practical approach. 2<sup>th</sup>. Ed. Bailliere Tindall., London. 82-128 pp. 1985.
- [10] DUBOWITZ, V.; BROOKE, M. Muscle Biopsy. A. Modern approach. Saunders Co. Ltd. London. 82-128 pp. 1973.
- [11] ENGEL, W. The essentiality of histo-cytochemical studies of skeletal muscle in the investigation of neuromuscular disease. **Neurol.** 12: 778 - 781 1962.
- [12] ESCURRA, L.; CALLEJAS, A. Perspectivas de la Caprinocultura en los Trópicos. **Boletín del Centro de información y documentación agropecuaria**, CIDA. La Habana. Cuba. 25 pp. 1989.
- [13] GUTH, L.; SAMAHA, F.J. Qualitative differences between actomyosin ATPase of slow and fast mammalian muscle. **Exp. Neurol.** 25: 138-152. 1969.
- [14] IBERBUNJO, C. Histochemical and morphometric properties of muscles of the upper airway of goats. **Res in Vet Sci.** 55: 215-223. 1993.
- [15] LÓPEZ, N. Contribución al estudio ultra-estructural e histoquímica del músculo esquelético en bovino normal y afectado por el síndrome parapléjico. Medicina Veterinaria. Facultad de Ciencias Veterinarias U.C.V. Maracay, Venezuela. Tesis de Post-Grado. 72 pp. 1990.
- [16] NYGAARD, E. Skeletal muscle fibre characteristics in young women. **Acta Physiol. Scand.** 112: 299-304. 1981.
- [17] PADILLA, E. El Caprino. 1<sup>a</sup> Ed. Editorial América C.A. Barquisimeto. Venezuela. 29-31 pp. 1989.
- [18] PADYKULA, H.; HERMAN, E. The specificity of the histochemical method for adenosine triphosphatase. **J. Histochem. Cytochem.** 3:170 – 183. 1955.
- [19] PARIACOTE, F. El cruzamiento como método de mejoramiento en sistemas típicos de producción caprina. Facultad de Ciencias Veterinarias. U.N.E.F.M. Coro, Venezuela. Trabajo de Ascenso. 9 pp. 1995.
- [20] RAMÍREZ, D.; REVERÓN, R. Consideraciones Generales sobre la Producción de Cabras en Venezuela. En: **Ovinos y Caprinos**. Espasande S.R.L. Editores. Caracas, Venezuela. 15 pp. 1984.

- [21] RODRÍGUEZ, E. **Producción de Ovinos y Caprinos en Venezuela**. Editorial Agropecuaria C.A. Maracaibo, Venezuela. 174 pp. 1993.
- [22] SUCRE, L.; HERNANDEZ, N.; TORRES, S. Efecto del entrenamiento sobre las actividades enzimáticas y composición fibrilar en músculo glúteo medio de caballos pura sangre de carrera. **Rev. Cientif. FCV-LUZ**. IX (6): 489-501. 1999.
- [23] SUCRE, L.; HERNÁNDEZ, N.; TORRES, S. Características histoquímicas y bioquímicas del M.G. *medius* de los caballos pura sangre de carrera venezolanos en relación con la edad. **Rev. Cientif. FCV-LUZ**. X (6): 191-204. 2000.
- [24] SUZUKI, A.; TAMATE, H. Distribution of myofiber types in the hip and thigh musculature of sheep. **Anat. Rec.** 221: 494-502. 1988.
- [25] TORRES, S.; MIJARES, H.; HERNÁNDEZ, N.; RIVAS, M.; GARMENDIA, J.; KASWAN, D. La biopsia muscular como ayuda para la orientación del entrenamiento de atletas. **Arch de Med del Dep**. VI (22):153-158. 1989.
- [26] TRIGO, F. **Patología Sistémica Veterinaria**. 3<sup>ra</sup> Ed. editorial McGraw-Hill Interamericana. México. 256 pp. 1998.
- [27] VELOTTO, S.; CRASTO, A. Histochemical and morphometrical characterization and distribution of fibre types in four muscles of ostrich (*Struthio camelus*). **Anat Histol Embryol**. 33(5):251-6. 2004.