

RELACIÓN ENTRE EL TIPO DE FIBRA MUSCULAR ESQUELÉTICA DEL MIEMBRO POSTERIOR DEL CAPRINO (*Capra hircus*) Y SU CAPACIDAD OXIDATIVA Y GLICOLÍTICA

Relationship Between Skeletal Muscular Fiber Type of the Caprine (*Capra hircus*) Hindlimb and the Oxidative and Glicolitic Capacity

Kenny Reyes Q.¹, Sonia Hecker de Torres², Eudomar Perozo-Prieto³, María de Lourdes Pérez-Arévalo³, Mario Riera-Nieves³ y Vicente Vilá-Valls³

¹Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Coro, Venezuela.

E-mail kenny_rys@yahoo.com. ²Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

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

RESUMEN

Se estudiaron con técnicas histoquímicas, los músculos de la cadera y el muslo del miembro posterior del caprino en condiciones de manejo semi-intensivo, con la finalidad de conocer la relación entre el tipo de fibra muscular y capacidad oxidativa y glicolítica de las mismas. Se tomaron muestras *in vivo* de los músculos gluteobíceps, 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 utilizaron las técnicas de la Nicotamida Adenina Dinucleotido Deshidrogenada-Diaforasa (NADH-d) para determinar la capacidad oxidativa y la α -Glicero Fosfato Deshidrogenasa (α -GPD), para estudiar la capacidad glicolítica. El músculo vasto intermedio presentó 100% de fibras tipo I, casi todas de alta capacidad oxidativa. Los músculos glúteos medio y profundo, mostraron alrededor de 45% fibras tipo I, 22% de tipo IIa y 33% tipo IIb; aproximadamente la mitad de sus fibras presentaron alta capacidad oxidativa y entre media y baja capacidad glicolítica. El resto de los músculos tuvo un porcentaje alrededor de 29% de las fibras tipo I, 31% del tipo IIa y 40% del tipo IIb. En estos músculos se determinó un predominio de fibras con alta y mediana capacidad glicolítica.

Palabras clave: Relación, fibra muscular, caprino, capacidad oxidativa y glicolítica.

ABSTRACT

With technical histochemical were studied, the muscles of the hip and the thigh of the hind limb of the goats under conditions of exploitation semi intensive with the purpose of knowing the relationship between of the different types of fibers and the oxidative and glicolitic capacity. They took samples *in vivo* of the muscles gluteal biceps, middle gluteal, deep glutea, vastus intermedium, vastus lateral, gastronemius, soleus, semimembranosus, semitendinosus and tensor facialatae 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. The Nicotamida Adenosina Dehydrogenize diaphoreses (NADH-d) reactions were used to determine the capacity oxidative and the α -Glycerol Phosphate Dehydrogenize (α -GPD), to study the capacity glicolitic. The muscle vast intermission presents 100% of fibers type I, almost all of high capacity oxidative. The muscles gluteus half and deep showed around 45% fibers type I, 22 type % IIa and 33% type IIb; approximately half of their fibers they presented high capacity oxidative and between stocking and low capacity glicolitic. The rest of the muscles had a percentage around 29% of the fibers type I, 31% of the type IIa and 40% of the type IIb; in them there was a prevalence of fibers with high and medium capacity glicolítica.

Key words: Relationship, goat, muscular fiber, oxidative and glicolitic capacity.

INTRODUCCIÓN

La especie caprina en Venezuela representa una de las principales fuentes de proteína, en especial para el estado Falcón, el cual, por su trayectoria desde la colonia se ha dedicado principalmente a la cría y explotación de ovinos (*Ovis aries*) y caprinos (*Capra hircus*). Se han aprovechado las condiciones agro-ecológicas y la existencia de un clima semi-árido en dicho estado para el desarrollo de esta actividad [8, 9, 12, 13].

Los músculos esqueléticos son órganos altamente especializados que se caracterizan por la propiedad de contraerse de una manera determinada cuando son estimulados [15].

Según Getty [6] y Popesko [11], los músculos del miembro posterior o pelviano en rumiantes y especialmente algunos de los utilizados para el estudio tienen un origen, un punto de inserción y una estructura que les permiten una acción o función determinada al igual que el resto de los músculos del cuerpo animal.

La musculatura del miembro posterior puede extender y flexionar las articulaciones de la cadera y la rodilla, también estos músculos tienen acción sobre las articulaciones del tarso, metatarso falangiana y las falangianas proximal, media y distal y están implicados en mantener la porción o postura erecta. Se ha demostrado que los músculos *gluteus superficialis*, *gluteus medius*, *gluteus profundus* y *quadriceps femoris* de la cabra, son activos en funciones posturales [17]. La utilización de técnicas histoquímicas ha facilitado la demostración de varios tipos de fibras musculares, mediante la presencia de tres tipos de enzimas como lo son la α -GPD, la succínico deshidrogenasa (SDH) y la Adenosina Trifosfatasa Miofibrilar (ATPasa) [4, 5, 16].

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 que se pueda realizar sobre la mencionada especie, la cual es afectada por una gran variedad de entidades patológicas de diferentes etiologías que lesionan morfológicamente al sistema muscular del caprino. Es por esta razón que surge la necesidad de desarrollar la presente investigación, la cual tiene por finalidad medir los potenciales oxidativo y glicolítico de las fibras musculares del miembro posterior del caprino, mediante las reacciones de la Nicotinamida Adenín Dinucleótido Reducido (NADH-diaforasa) y la α -Glicerofosfato Deshidrogenasa (α -GPD) y establecer algunas correlaciones entre los parámetros estudiados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales

Para el presente estudio se utilizó como animal experimental al caprino, de la raza mestiza Alpino Francés.

Los animales utilizados procedieron de la Estación Experimental Dabajuro perteneciente a la Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda" (UNEFM), ubicada en el municipio Autónomo Dabajuro del estado Falcón. El número de animales seleccionados fue de cinco (5) caprinos, de 3 años de edad, hembras, con un peso comprendido entre los 21 y 30 Kg, sometidos a las mismas condiciones de explotación semi-intensiva (alojamiento, alimentación y sanidad animal), donde los animales eran recogidos por la tarde en los corrales y en el día se soltaban a pastorear en los potreros.

Músculos

Los músculos (M) utilizados para este estudio conformaban el miembro posterior derecho del caprino, donde se seleccionaron diez músculos principalmente de la cadera, el muslo y el pie. 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. Gluteobíceps* (GB) en la parte media-superficial en su porción vertebral.
- *M. Glúteo Medio* (GM) en la parte medial del músculo en su porción superior.
- *M. Glúteo Profundo* (GP) en la parte medial del músculo en su porción superior.
- *M. Tensor de la Fascia Lata* (TFL) en la parte craneomedial del músculo.
- *M. Semitendinoso* (ST) en la parte medial del músculo en su porción caudal o posterior.
- *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 anterior.
- *M. Vasto Intermedio* (VI) en la parte medial del músculo en su porción caudal o posterior.
- *M. Soleo* (Sol) en la parte medial del músculo en su porción caudal o posterior.
- *M. Gastrocnemio Lateral* (GL) en la parte medial del músculo en su porción caudal o posterior.

Toma de muestras

Los caprinos seleccionados para el estudio se insensibilizaron con un golpe a nivel craneo-encefálico y se sometieron a un proceso de sangría o exsanguinación; simultáneamente, se procedió a la toma y recolección de muestras a través de biopsias por disección quirúrgica de los músculos que previamente se habían seleccionados por su fácil y asequible ubicación topográfica en la especie caprina. Las muestras recolectadas tenían un tamaño aproximado de 3 × 3 × 5 mm, (se tomaron en la misma parte y posición anatómica del músculo).

Las muestras se colocaron en posición vertical (con los ejes longitudinales de las fibras perpendiculares a la superficie) sobre corchos de 2 cm de diámetro previamente rotulados y envueltos en papel de aluminio. Se cubrieron rápidamente con el medio de embebimiento (O.C.T, Ames 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 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, TM. EUA) 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:

- Nicotinamida adenín dinucleótido reducido (NADH-diaforasa), esta es una enzima que expresa el índice de capacidad oxidativa de las fibras musculares [7], lo cual permitió clasificarlas en fibras de alta, media y baja capacidad oxidativa.
- α -Glicerofosfato deshidrogenasa (α -GPDH), la cual expresa el índice de capacidad glicolítica de las fibras musculares [20], lo que permitió clasificarlas en fibras de alta, media y baja capacidad glicolítica.
- Hematoxilina-Eosina: Adicionalmente para cada músculo se realizó la coloración convencional de hematoxilina-eosina, con la finalidad de utilizarla como control para identificar el campo a utilizar, para observar el patrón morfológico microscópico de cada muestra y detectar cualquier alteración eventual que presentasen los cortes seriados de cada músculo.

Análisis histoquímico

Capacidad oxidativa de las fibras. Para tal fin se utilizaron las láminas teñidas con la reacción de la NADH-diaforasa, las cuales se observaron al microscopio de luz (Carl Zeiss, Modelo so-100 bifocal, Suiza), con el objeto de identificar el potencial de oxidación de las fibras: Las fibras más oscuras correspondieron a la más alta capacidad oxidativa, las de coloración intermedia a capacidad media y las más claras fueron las de menor o baja capacidad oxidativa.

Capacidad glicolítica de las fibras. Para tal fin se utilizaron las láminas teñidas con la reacción α -GPDH, las cuales se observaron al microscopio de luz con el objeto de identificar el potencial glicolítico de las fibras: Las más oscuras corres-

pondieron a la más alta capacidad glicolítica, las de coloración intermedia a capacidad glicolítica media y las más claras fueron las de menor o baja capacidad glicolítica.

Correlaciones

La prueba de regresión simple entre dos variables fue realizada con la finalidad de determinar la existencia de correlaciones significativas a $P \leq 0,05$, y altamente significativas a $P \leq 0,01$, bien sea positivas o negativas entre los parámetros estudiados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Capacidad oxidativa de las fibras

En la determinación de la capacidad metabólica oxidativa mediante la reacción de la NADH diaforasa, se encontraron tres tipos de tinción en las fibras de los músculos estudiados: las fibras oscuras corresponden a la más alta capacidad oxidativa, las fibras de coloración intermedia a la capacidad oxidativa intermedia y las más claras a las de menor capacidad oxidativa, la cual se puede observar en las FIGS. 1, 2 y 3.

Los resultados obtenidos al medir el potencial oxidativo de las fibras de la musculatura del miembro posterior del caprino mediante la reacción de la NADH-diaforasa están expresados en la FIG. 4 y en la TABLA I. Los músculos glúteos presentan aproximadamente la mitad de sus fibras 55% con una alta capacidad oxidativa y otra parte entre mediana y baja capacidad oxidativa 26 y 19%, respectivamente. El músculo *vasto intermedio* presenta una alta capacidad oxidativa 95% (FIG. 5) y los otros músculos presentaron en promedio un 38% de fibras con alta capacidad oxidativa, 27% con mediana capacidad oxidativa y 35% con baja capacidad oxidativa.

Capacidad glicolítica de las fibras

En la determinación de la capacidad metabólica glicolítica mediante la reacción de la α -GPDH se encontraron tres tipos de tinción en las fibras de los músculos estudiados: Las fibras oscuras corresponden a la más alta capacidad glicolítica, las fibras de coloración intermedia a la capacidad glicolítica intermedia y las más claras a las de menor capacidad glicolítica; lo cual se puede observar en las FIGS. 6, 7 y 8.

Los resultados obtenidos al medir el potencial glicolítico de los músculos del caprino mediante la reacción de la α -GPDH están expresados en la TABLA II y en la FIG. 9. Los músculos glúteos presentan aproximadamente la mitad de sus fibras 49% con una alta capacidad glicolítica y la otra parte entre mediana y baja capacidad glicolítica 25 y 26%, respectivamente. El músculo *vasto intermedio* presentó una mediana capacidad glicolítica en la mayoría de sus fibras 81% (FIG. 10) y los otros músculos presentaron en promedio un 44% de fibras con alta capacidad glicolítica, 31% con media capacidad glicolítica y 25% con baja capacidad glicolítica.

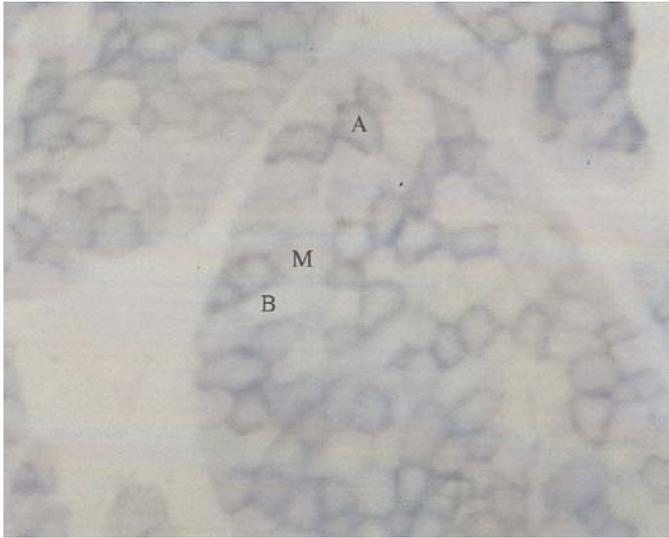


FIGURA 1. CORTE TRANSVERSAL DEL MÚSCULO SEMITENDINOSO DEL CAPRINO TRATADO CON LA TÉCNICA NADH-diaforasa. AUMENTO 80 X. A= ALTA, M= MEDIA Y B= BAJA / TRANSVERSAL CUT OF SEMITENDINOSO MUSCLE OF GOAT TREATY WITH THE TECHNICAL NADH-diaforasa. 80 X. A= HIGH, M= MEDIUM AND B= LOW.

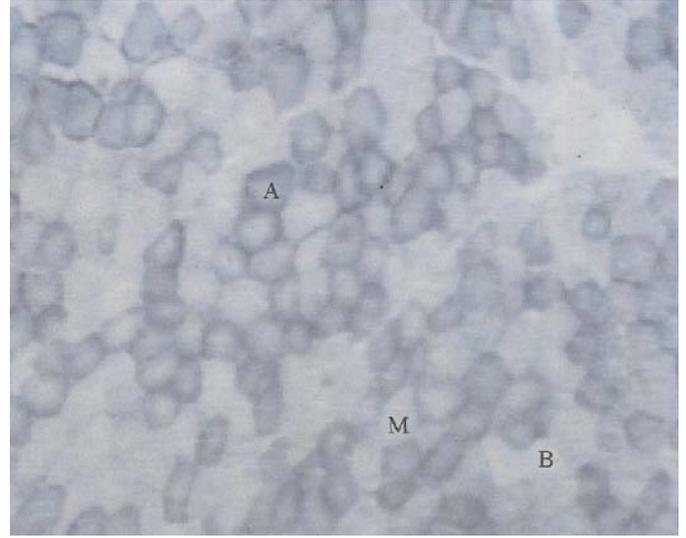


FIGURA 2. CORTE TRANSVERSAL DEL MÚSCULO SEMITENDINOSO DEL CAPRINO TRATADO CON LA TÉCNICA NADH-diaforasa. AUMENTO 80 X. A= ALTA, M= MEDIA Y B= BAJA / TRANSVERSAL CUT OF SEMITENDINOSO MUSCLE OF GOAT TREATY WITH THE TECHNICAL NADH-diaforasa. 80 X. A= HIGH, M= MEDIUM AND B= LOW.

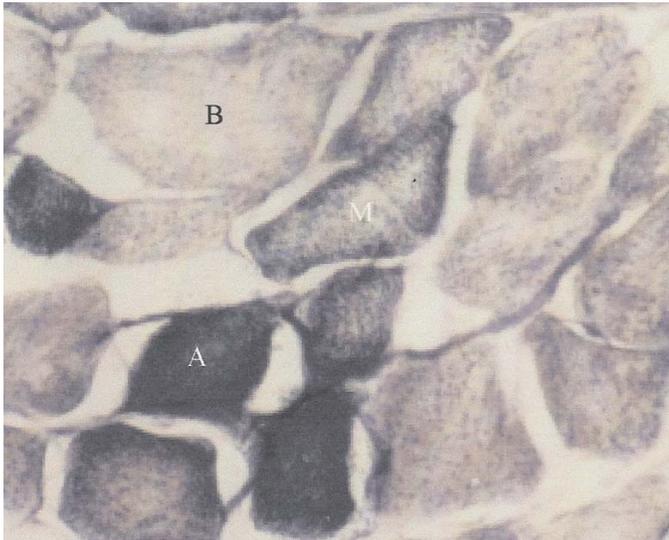


FIGURA 3. CORTE TRANSVERSAL DEL MÚSCULO TENSOR FASCIA LATA DEL CAPRINO TRATADO CON LA TÉCNICA NADH-diaforasa. AUMENTO 200 X. A= ALTA, M= MEDIA Y B= BAJA / TRANSVERSAL CUT OF TENSOR FASCIA LATA MUSCLE OF GOAT TREATY WITH THE TECHNICAL NADH-diaforasa. 200 X. A= HIGH, M= MEDIUM AND B= LOW.

Correlaciones

Se realizó la prueba de regresión simple entre dos variables para determinar la existencia de correlaciones significativas a ($P \leq 0,05$), y altamente significativas a ($P \leq 0,01$), bien sea positivas o negativas entre los parámetros estudiados y los resultados encontrados son:

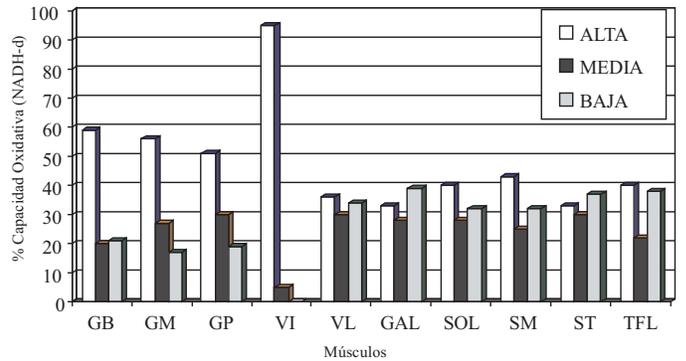


FIGURA 4. CAPACIDAD OXIDATIVA DE LAS FIBRAS MUSCULARES DEL MIEMBRO POSTERIOR DEL CAPRINO, DETERMINADO POR LA REACCIÓN DE LA NICOTINA ADENINA DINUCLEÓTIPO REDUCIDO DIAFORASA / CAPACITY OXIDATIVE OF MUSCULAR FIBERS OF HINDLIMB OF GOAT DETERMINED BY THE REACTION OF THE NICOTINA ADENINA DINUCLEOTI-DO REDUCED DIAFORASA.

Tipo de fibra y capacidad oxidativa

Las correlaciones existentes entre ambos parámetros se expresan en la TABLA III, la cual muestra los siguientes resultados:

- Correlación altamente significativa positiva entre la proporción (o porcentaje) de las fibras tipo I y la proporción de fibras con alta capacidad oxidativa y negativa cuando se compara a este tipo de fibra con la baja capacidad oxidativa.

TABLA I

CAPACIDAD OXIDATIVA DE LAS FIBRAS MUSCULARES DEL MIEMBRO POSTERIOR DEL CAPRINO, DETERMINADA POR LA REACCIÓN DE LA NICOTINA ADENINA DINUCLOETIDO REDUCIDO DIAFORASA / CAPACITY OXIDATIVE OF MUSCULAR FIBERS OF HINDLIMB OF GOAT DETERMINED BY THE REACTION OF THE NICOTINA ADENINA DINUCLOETIDO REDUCED DIAFORASA.

Músculos	NADH-d (%)		
	Alta	Media	Baja
M. Bíceps Femoral	59 ± 5	20 ± 4	21 ± 2
M. Glúteo Medio	56 ± 3	27 ± 3	17 ± 13
M. Glúteo Profundo	51 ± 4	30 ± 7	19 ± 9
M. Vasto Intermedio	95 ± 1	05 ± 1	0
M. Vasto Lateral	36 ± 4	30 ± 7	34 ± 7
M. Gastrocnemio	33 ± 16	28 ± 10	39 ± 7
M. Soleo	40 ± 5	28 ± 8	32 ± 6
M. Semimembranoso	43 ± 8	25 ± 6	32 ± 2
M. Semitendinoso	33 ± 16	30 ± 4	37 ± 18
M. Tensor de la Fascia Lata	40 ± 5	22 ± 5	38 ± 4

Cada cifra es promedio de 5 músculos ± desviación estándar.

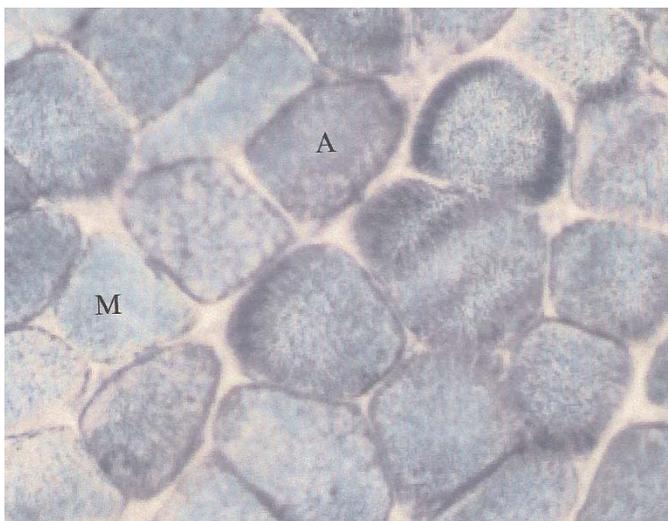


FIGURA 5. CORTE TRANSVERSAL DEL MÚSCULO VASTO INTERMEDIO DEL CAPRINO TRATADO CON LA TÉCNICA NADH-diaforasa. AUMENTO 200 X. A= ALTA, M= MEDIA Y B= BAJA / TRANSVERSAL CUT OF VASTO LATERAL MUSCLE OF GOAT TREATY WITH THE TECHNICAL NADH-diaforasa. 200 X. A= HIGH, M= MEDIUM AND B= LOW.

- Correlación significativa negativa entre la proporción de las fibras tipo IIa y la proporción de fibras con alta capacidad oxidativa.
- Correlación altamente significativa negativa entre la proporción de las fibras tipo IIb y la proporción de fibras con alta capacidad oxidativa y positiva cuando se compara a este tipo de fibra con la proporción de fibras de baja capacidad oxidativa.

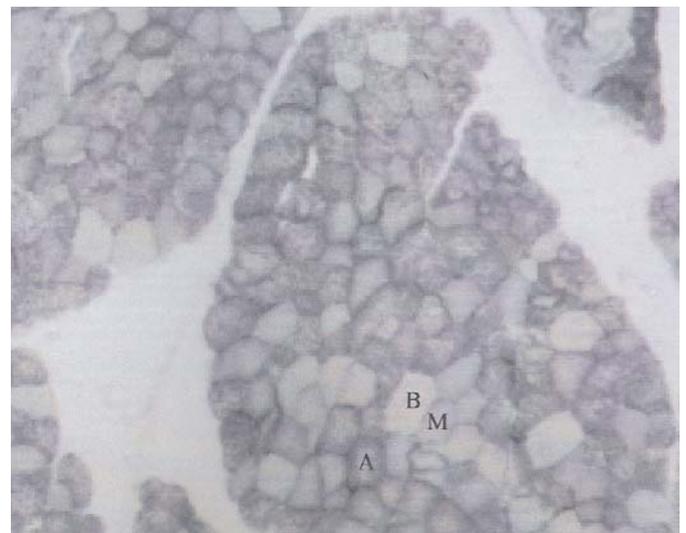


FIGURA 6. CORTE TRANSVERSAL DEL MÚSCULO SEMITENDINOSO DEL CAPRINO TRATADO CON LA TÉCNICA α -GPDH-diaforasa. AUMENTO 80 X. A= ALTA, M= MEDIA Y B = BAJA / TRANSVERSAL CUT OF SEMITENDINOSO MUSCLE OF GOAT TREATY WITH THE TECHNICAL α -GPDH-diaforasa. 80 X. A= HIGH, M= MEDIUM AND B= LOW.

Tipo de fibra y capacidad glicolítica

Las correlaciones existentes entre ambos parámetros son expresados en la TABLA III, la cual muestra los siguientes resultados:

- Correlación significativa positiva entre la proporción de las fibras tipos I y la proporción de fibras con alta capacidad glicolítica y altamente significativa negativa cuando comparamos este tipo de fibra con la proporción de fibras con media capacidad glicolítica.

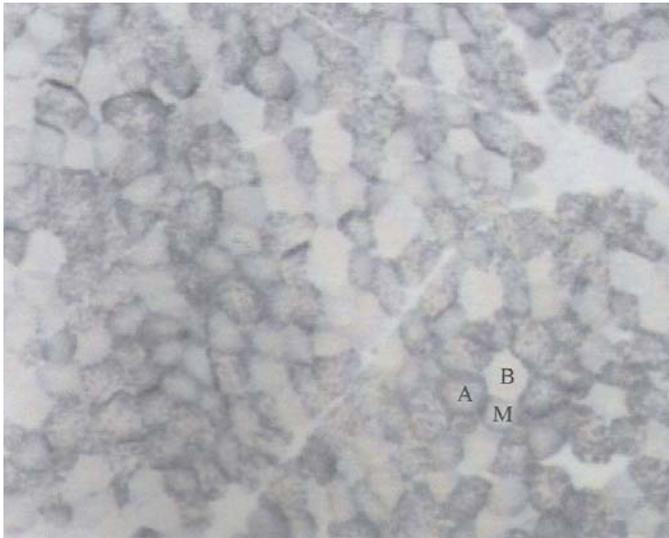


FIGURA 7. CORTE TRANSVERSAL DEL MÚSCULO SEMITENDINOSO DEL CAPRINO TRATADO CON LA TÉCNICA α -GPDH-diaforasa. AUMENTO 80 X. A= ALTA, M= MEDIA Y B= BAJA / TRANSVERSAL CUT OF SEMITENDINOSO MUSCLE OF GOAT TREATY WITH THE TECHNICAL α -GPDH-diaforasa. 80 X. A= HIGH, M= MEDIUM AND B= LOW.



FIGURA 8. CORTE TRANSVERSAL DEL MÚSCULO SEMITENDINOSO DEL CAPRINO TRATADO CON LA TÉCNICA α -GPDH-diaforasa. AUMENTO 200 X. A= ALTA, M= MEDIA Y B= BAJA / TRANSVERSAL CUT OF SEMITENDINOSO MUSCLE OF GOAT TREATY WITH THE TECHNICAL α -GPDH-diaforasa. 200 X. A= HIGH, M= MEDIUM AND B= LOW.

TABLA II

CAPACIDAD GLICOLÍTICA DE LAS FIBRAS MUSCULARES DEL MIEMBRO POSTERIOR DEL CAPRINO, DETERMINADA POR LA REACCIÓN DE LA α -GLICEROFOSFATO DESHIDROGENASA / CAPACITY GLICOLITIC OF MUSCULAR FIBERS OF HINDLIMB OF GOAT DETERMINED BY THE REACTION OF THE α -GLICEROFOSFATO DEHYDROGENASE.

Músculos	α -GPDH (%)		
	Alta	Media	Baja
M. Gluteobíceps	56 ± 14	23 ± 6	21 ± 14
M. Glúteo Medio	54 ± 9	26 ± 15	20 ± 16
M. Glúteo Profundo	36 ± 14	25 ± 4	39 ± 12
M. Vasto Intermedio	19 ± 4	81 ± 4	0
M. Vasto Lateral	54 ± 9	24 ± 10	22 ± 2
M. Gastrocnemio	37 ± 5	38 ± 17	25 ± 19
M. Soleo	43 ± 3	23 ± 11	34 ± 10
M. Semimembranoso	56 ± 15	24 ± 7	20 ± 14
M. Semitendinoso	30 ± 10	45 ± 156	25 ± 10
M. Tensor de la Fascia Lata	47 ± 7	31 ± 9	22 ± 5

Cada cifra es promedio de 5 músculos ± desviación estándar.

- Correlación significativa positiva entre la proporción de las fibras tipo II b y la proporción de fibras con la media capacidad glicolítica.

Al medir el potencial oxidativo de las fibras de la musculatura esquelética del miembro posterior del caprino mediante la reacción de la NADH-diaforasa se pudo comprobar la técnica descrita por Novikoff y col. [7], en donde las fibras presentan gránulos azul oscuros que permiten clasificarlas en

alta, media y baja capacidad oxidativa según la intensidad de la tinción que estas presenten.

Los resultados obtenidos al medir el potencial oxidativo permiten corroborar lo descrito por Suzuki y Tamate [18], este refiere que el m. *Vastus intermedius* exhibe una fuerte actividad a la NADH en ovinos, el cual en caprinos también es alta, llegando a representar un 95%. En la determinación del potencial glicolítico de las fibras de la musculatura esquelética del miem-

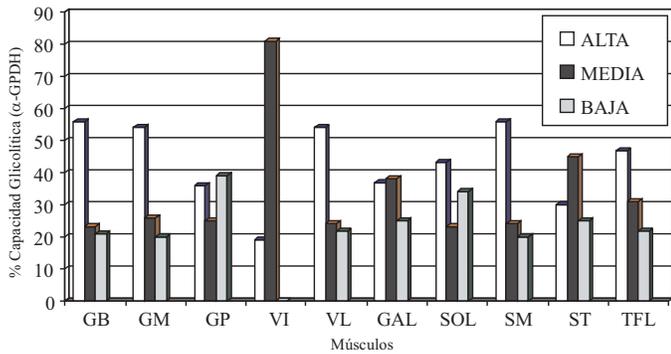


FIGURA 9. CAPACIDAD GLICOLÍTICA DE LAS FIBRAS MUSCULARES DEL MIEMBRO POSTERIOR DEL CAPRINO, DETERMINADA POR LA REACCIÓN DE LA α -GLICEROFOSFATO DESHIDROGENASA / CAPACITY GLICOLITIC OF MUSCULAR FIBERS OF HINDLIMB OF GOAT DETERMINED BY THE REACTION OF THE α -GLICEROFOSFATO DEHYDROGENASE.

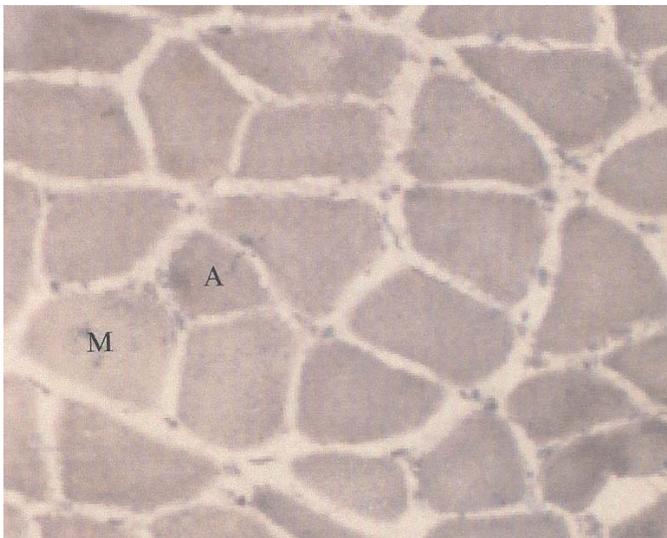


FIGURA 10. CORTE TRANSVERSAL DEL MÚSCULO VASTO INTERMEDIO DEL CAPRINO TRATADO CON LA TÉCNICA α -GPDH-diaforasa. AUMENTO 200 X. A= ALTA Y M= MEDIA / TRANSVERSAL CUT OF VASTO INTERMEDIO MUSCLE OF GOAT TREATY WITH THE TECHNICAL α -GPDH-diaforasa. 200 X. A= HIGH, M= MEDIUM AND B= LOW.

bro posterior del caprino mediante la α -GPDH, se comprobó la técnica descrita por Dubowitz [3], lo que permitió clasificar las fibras en alta, media y baja capacidad glicolítica según la intensidad de tinción que estas presenten. Hay la presencia de tres tipos de fibras en la parte externa músculo *gastrocnemius* de camello: fibras glicolíticas de torcimiento rápido (FG), fibras glicolíticas oxidativas de torcimiento rápido (FOG) y fibras glicolíticas oxidativas de torcimiento lento (SO), mientras en otros músculos las fibras FG estaban ausentes [19]. En el músculo *glúteo medio* de caballos, la capacidad oxidativa y glicolítica se incrementa con la edad [17]. El estudio de las correlaciones encontradas entre las diferentes variables analizadas en la musculatura del miembro posterior del caprino, permite establecer algunas comparaciones con los resultados propuestos anteriormente en animales [1, 7, 10, 14], donde se caracterizan los diferentes tipos de fibras, entre estas comparaciones tenemos las siguientes:

- Proponen que las fibras tipo I poseen una alta actividad oxidativa y baja actividad glicolítica, lo que se corrobora parcialmente en este estudio al encontrar una correlación altamente significativa positiva entre el porcentaje de fibras tipo I y el porcentaje de fibras de alta capacidad oxidativa, pero no al compararlo con la actividad glicolítica, la cual en vez de ser baja en las fibras tipo I del caprino, presenta una correlación significativa positiva con la alta capacidad glicolítica.
- Proponen que las fibras tipo IIa poseen una elevada actividad oxidativa y glicolítica lo cual es contrario a lo encontrado en este estudio en donde hay una correlación significativa negativa entre la fibra tipo IIa y la alta capacidad oxidativa y no encontrándose correlación significativa con la alta capacidad glicolítica.
- Proponen que las fibras tipo IIb poseen baja capacidad oxidativa y alta capacidad glicolítica, lo que se corrobora parcialmente en este estudio al encontrar una correlación altamente significativa positiva entre la proporción de las fibras IIb y la proporción de fibras de baja capacidad oxidativa; no encontrando correlación significativa entre este tipo de fibra y la alta capacidad glicolítica.

Al comparar las correlaciones encontradas en este estudio con las de la musculatura esquelética del Chigüire (*Hydro-*

TABLA III
CORRELACIONES (r) ENTRE EL PORCENTAJE DE TIPOS DE FIBRAS Y LAS CAPACIDADES OXIDATIVA Y GLICOLÍTICA /
CORRELATION BETWEEN (r) THE PERCENTAGE OF TYPES OF FIBER AND CAPABILITIES OXIDATIVE AND GLICOLITIC

Tipos de fibras ATPasa	Capacidad oxidativa NADH-d			Capacidad glicolítica α -GPDH		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
I	0,562**	-0,074	-0,487**	0,122*	-0,275**	0,026
II a	-0,120*	0,1*	0,042	-0,072	0,075	-0,049
II b	-0,238**		0,319**	-0,018	0,099*	-0,029

* P ≤ 0,05. ** P ≤ 0,01.

Nota: Los datos ausentes corresponden a un (r²) muy bajo.

choerus hydrochaeris) juvenil y adulto [2], tenemos que se corrobora la correlación significativa positiva entre la fibra tipo I y el potencial oxidativo alto, no encontrando igual resultado al correlacionar la fibra tipo I con la alta capacidad glicolítica, la cual en Chigüire juveniles es altamente significativa negativa y en el caso de los caprinos existe una correlación significativa positiva cuando se comparan ambas variables. En chigüires se encontró que al comparar las fibras IIa con el potencial oxidativo existe una correlación significativa negativa entre el tipo IIa y el potencial oxidativo medio y en los caprinos la correlación fue significativa negativa ente la fibra tipo IIa y el potencial oxidativo alto.

CONCLUSIONES

Las técnicas histoquímicas implementadas para la clasificación de tipos de fibra y las capacidades oxidativa y glicolítica resultaron eficaces ya que permitieron clasificar las fibras en tipo I, IIa y IIb y en alta, media y baja capacidad oxidativa y/o glicolítica, respectivamente. En este estudio no se identificaron las fibras tipo IID/X reportadas en otras investigaciones.

El músculo *vasto intermedio* presentó 100% de fibras tipo I, casi todas de alta capacidad oxidativa y mediana capacidad glicolítica. Los músculos glúteos mostraron alrededor de 43% de fibras tipo I, 23% de fibras tipo IIa y 34% de fibras IIb; aproximadamente la mitad de sus fibras presentaron alta capacidad oxidativa y entre mediana y baja capacidad glicolítica. Los otros músculos presentaron un porcentaje de 29% de fibras tipo I, 31% de fibras tipo IIa y 40% de fibras IIb: en ellos hubo un predominio de fibras de alta y mediana capacidad oxidativa y glicolítica.

Las correlaciones estudiadas permitieron establecer que: Las fibras tipo I del caprino tienen una alta capacidad oxidativa y glicolítica, en contraparte a lo encontrado en otras investigaciones donde las fibras tipo I manifiestan una alta capacidad oxidativa y una baja capacidad glicolítica. Estas modificaciones en sus capacidades permite considerarlas como fibras híbridas que algunos autores reportan como fibras tipo IIb. Las fibras tipo IIa del caprino no mostraron alguna tendencia significativa al correlacionarla con la capacidad oxidativa y/o glicolítica y las fibras tipo IIb del caprino tienen una baja capacidad oxidativa y media capacidad glicolítica, esto conduce a pensar que la capacidad oxidativa y glicolítica de las fibras IIb son opuesto de las fibras tipo I, por lo tanto lo descrito anteriormente puede corresponder perfectamente a fibras tipo IID/X descrita por otros autores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BARNARD, R.; EDGERTON, V.; FURUKAMA, T.; PETER J. Histochemical, biochemical and contractile properties of red, white and intermediate fibers. **Amer. J. Physiol.** 220: 410-414. 1971.

- [2] DÍAZ, M. Relación entre la ultraestructura y la histoquímica de la musculatura esquelética del Chigüire (*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.
- [3] DUBOWITZ, V. **Muscle Biopsy. A practical approach.** 2nd Ed. Bailliere Tindall., London. 82-128 pp. 1985.
- [4] DUBOWITZ, V.; PEARSE, A. Reciprocal relationship of phosphorylase oxidative enzymes in skeletal muscle. **Nature.** 185: 701-702. 1960.
- [5] ENGEL, W. The essentiality of histo-cytochemical studies of skeletal muscle in the investigation of neuromuscular disease. **Neurol.** 12: 778-794. 1962.
- [6] GETTY, R. Miología del Rumiante. **Anatomía de los Animales Domésticos.** 5ª Ed. Editorial Salvat Ciencia España. Tomo I. 941-956 pp. 1993.
- [7] NOVIKOFF, A.; SHIN, W; DRUCKER, J. Mitochondrial localization of oxidative enzymes: Staining results with tetrazolium salts. **J. Biophys. Biochem. Cytol.** 9: 47-61. 1961.
- [8] PADILLA, E. **El Caprino.** 1ª Ed. Editorial América C.A. Barquisimeto. Venezuela. 29-31 pp. 1989.
- [9] 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.
- [10] PETER, J.; BARNARD, R.; EDGERTON, V.; GILLESPIE, C.; STEMPEL, K. Metabolic profile of the fiber types of skeletal muscle in guinea pigs and rabbits. **Biochem.** 11: 2627-2633. 1972.
- [11] POPESKO, P. **Atlas de Anatomía Topográfica de los Animales Domésticos.** Editorial Salvat S. A. España. Tomo III. 67-98 pp. 1981.
- [12] 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.
- [13] RODRÍGUEZ, E. Condiciones Agro-ecológicas del Caprino. **Producción de Ovinos y Caprinos en Venezuela.** Editorial Agropecuaria C.A. Maracaibo, Venezuela. 174 pp. 1993.
- [14] SCHANTZ, P.; DHOOT, G. Coexistence of slow and fast isoforms of contractile and regulatory proteins in human skeletal muscle produced by endurance training. **Acta Physiol. Scand.** 131:147-154. 1987.
- [15] SISSON, S.; GROSSMAN, J. Miología. **Anatomía de los Animales Domésticos.** 4ª Ed. Editorial Salvat. 236 pp. 1959.

- [16] STEIN, J.; PADYKULA, H. Histochemical classification of individual skeletal muscle fibers of the rat. **Amer. J. Anat.** 110: 103-123. 1962.
- [17] SUCRE, L; HERNANDEZ, 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.
- [18] SUZUKI, A.; TAMATE, H. Distribución of myofiber types in the hip and thigh musculature of sheep. **Anat. Rec.** 221: 494-502. 1988.
- [19] 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.
- [20] WATTEMBERG, L.; LEONG, L. Effect of coenzyme Q 10 and menadione on succinic dehydrogenase activity as measured by tetrazolium salt reduction. **J. Hist. Cytol.** 8: 296-303. 1960.