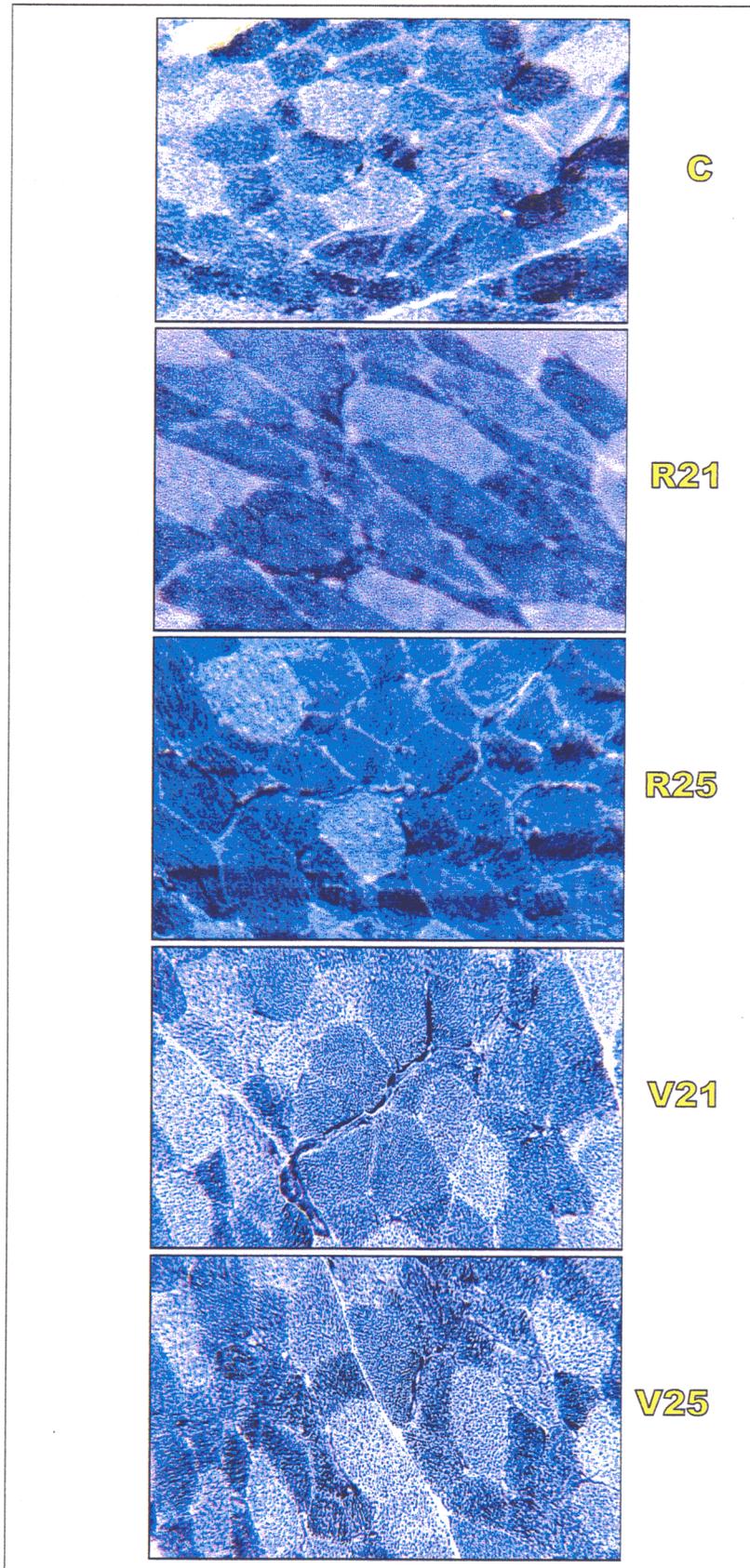
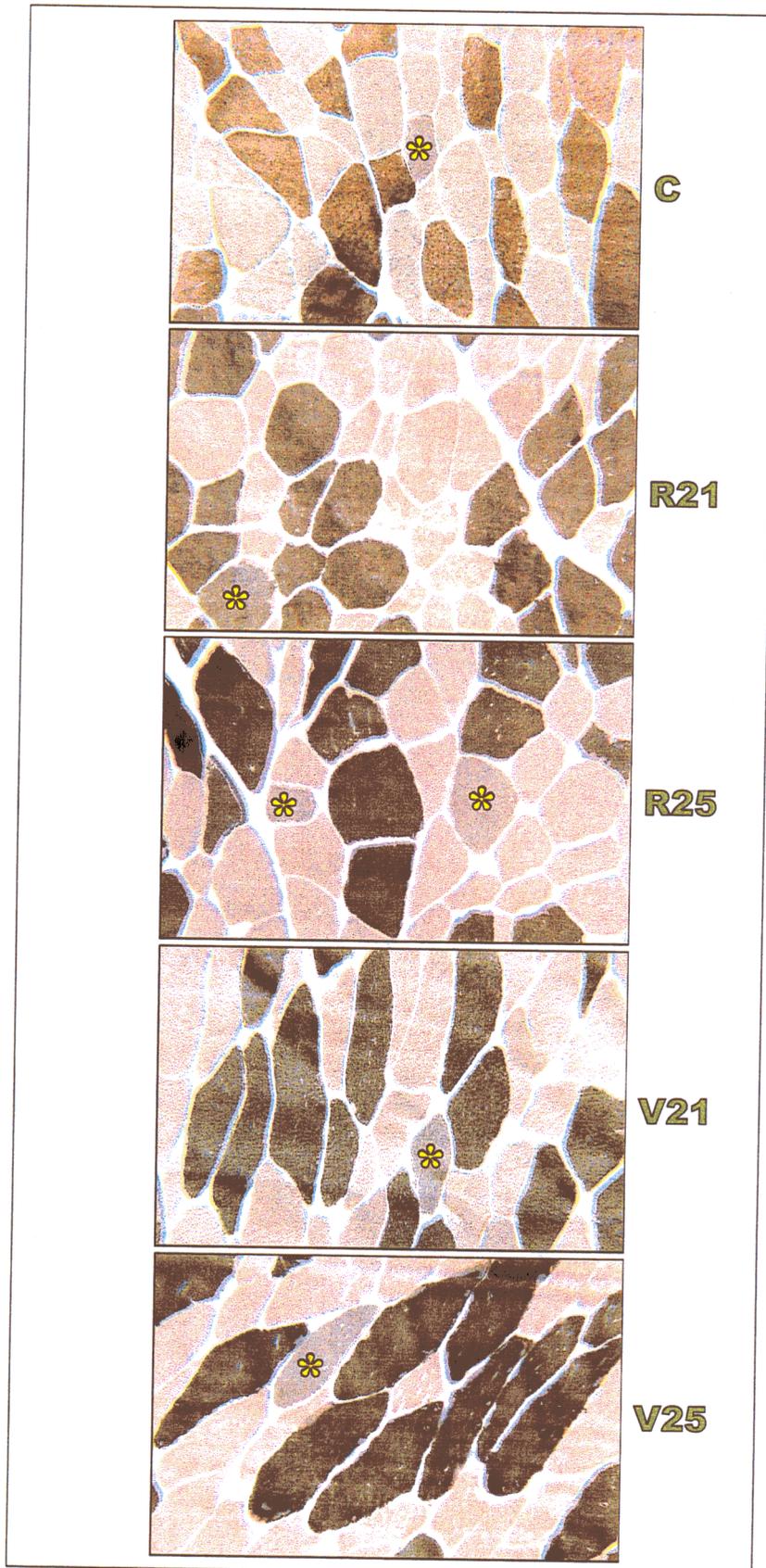




**ABRIR RESULTADOS**



**Figura 115.-** Corte transversal de tejido muscular. Se observa la diferente proporción de fibras tipo IIb (claras) así como la superficie de corte transversal de cada grupo experimental. NADH-TR. 400x.



**Figura 116.-** Corte transversal de tejido muscular. Se observa la diferente proporción de fibras tipo IIc (intermedias, \*) así como la superficie de corte transversal de cada grupo experimental. ATPasa pH 4,3. 400x.

## **12.2.- CAMBIOS EN LAS DIMENSIONES DE LA SUPERFICIE MEDIA DE CORTE TRANSVERSAL DE LOS DISTINTOS TIPOS DE FIBRAS.**

Siguiendo con el estudio de variaciones cuantitativas, nos adentramos ahora en las que presenta la superficie de corte transversal de los distintos tipos de fibras homólogas, realizando el análisis de la variable en los diferentes grupos de la población total. Los cortes utilizados, definen las poblaciones celulares en función de reacciones enzimáticas funcionales y se valoraron mediante un programa morfométrico en analizador de imagen.

Las muestras empleadas para llevar a cabo este estudio son las mismas que las utilizadas en el estudio del parámetro anterior, por lo tanto haremos referencia a las imágenes ya mostradas al plantear la valoración comparativa, en cuanto a la superficie media de cada tipo de fibra (Figuras 113 a 116).

### **12.2.1.- Fibras tipo I.**

En primer lugar, cuando se comparan las fibras tipo I del grupo control C21 con sus correspondientes del grupo C25, observamos que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre ellas (C21-I  $m=4657.0\pm 720.2$  y C25-I  $m=4670.9\pm 555.5$ ), y pueden considerarse nuevamente como un único grupo comparativo o compararse por separado, porque el resultado no varía significativamente. (C21=C25). (Figuras 117 y 113).

Cuando comparamos este tipo de fibras, con las del mismo tipo de los grupos de resistencia (R21 y R25), los resultados alcanzados son diferentes, habiendo un incremento de superficie de corte transversal, de hasta un 25% en las R21, para continuar más lentamente durante el resto del tiempo de entrenamiento hasta llegar en los deportistas de 25 años, a alcanzar el 28%. (R21>C21 y R25>C25). (Figuras 118 y 113).

Si comparamos la superficie de corte de las fibras tipo I de las muestras control, con la misma variable de los velocistas, observamos que no existe una discrepancia con los que han desarrollado el deporte durante tres años, pero sí se manifiesta un aumento de superficie en las de seis años (V25) en relación al grupo control. Es una diferencia menor que en los atletas de resistencia y podemos cuantificar en un 9% aproximadamente. (V21=C21 y V25>C25). (Figuras 119 y 113).

En el enfrentamiento de los grupos de velocidad y resistencia, encontramos que transcurridos los tres primeros años la diferencia entre ellos es de un 20% a favor de los de resistencia, tanto por ciento que disminuye al 15% a los seis años, porque en los velocistas, el crecimiento en grosor en este periodo, sigue teniendo lugar, mientras que entre los ciclistas se va estabilizando. (R21>V21 y R25>V25). (Figuras 120 y 113).

Cuando se aplica el método estadístico y comparamos las fibras tipo I de los atletas de resistencia (R21-I  $m=5820.6\pm708.7$  y R25-I  $m=5952.1\pm758.8$ ), vemos que a partir de un momento, la práctica deportiva durante más tiempo, no afecta a la variable propuesta en esta población porque no existe diferencia significativa entre ellos. (R21=R25). (Figuras 133 y 113).

Sin embargo en el grupo de velocistas (V21-I  $m=4639.7\pm763.7$  y V25-I  $m=5077.0\pm837.1$ ) se comprueba que durante el mismo periodo para entrenamiento en carrera corta, la superficie de corte transversal en este tipo de fibras aumenta y esta diferencia viene a ser de un 9%. (V25>V21). (Figuras 134 y 113)

### **12.2.2.- Fibras tipo IIa.**

Una vez efectuado el estudio comparativo de las fibras tipo I en todos los grupos entre sí, expondremos los resultados obtenidos cuando el análisis lo realizamos con las fibras de contracción rápida tipo IIa.

Al enfrentar la superficie de corte de las fibras tipo IIa, de los dos grupos controles (C21 y C25), obtenemos los siguientes resultados: no hay discrepancia entre los datos de ambas series (C21-IIa  $m=5287.3\pm617.2$  y C25-IIa  $m=5276.8\pm604.3$ ). Al no existir diferencia entre estas dos series, para estudios posteriores se pueden considerar como una sola, o compararlas por separado con sus grupos homólogos. (C21=C25). (Figuras 121 y 114).

Los datos obtenidos de la comparación de los grupos control (C21 y C25) con los grupos de resistencia (R21 y R25), nos indican en sus resultados que existe un incremento de la superficie de las fibras, proporcional al tiempo de ejercicio de esta actividad y que se tabula como un incremento del 7% a favor de las R21 y de un 10% en relación con las R25. (R21>C21 y R25>C25). (Figuras 122 y 114).

Si comparamos los grupos control (C21 y C25) con los grupos de velocistas (V21 y V25), apreciamos que también se manifiesta un incremento y este es superior al

obtenido con los grupos de resistencia, referidos en el párrafo anterior. Este aumento es de un 11% en V21 y de un 34% en V25. (V21>C21 y V25>C25). (Figuras 123 y 114).

Al estudiar los componentes más activos entre sí, que serían los atletas de resistencia (R21 y R25) y los de velocidad (V21 y V25), observamos que no existe una desigualdad estadística entre los de resistencia y los velocistas de tres años, manifestando así mismo un aumento de un 23% las fibras de los V25 sobre las R25. (R21=V21 y R25<V25). (Figuras 124 y 114).

Los resultados obtenidos en la comparación de las fibras tipo IIa de los grupos de resistencia en entre sí, nos ponen de manifiesto la no existencia de una diferencia apreciablemente llamativa entre ambos grupos (R21-IIa  $m=5648.5\pm$  y R25-IIa  $m=5827\pm760.0$ ). (R21=R25). (Figuras 133 y 114).

Resultados completamente diferentes nos da el estudio de los atletas de velocidad (V21-IIa  $m=5838.5\pm877.4$  y V25-IIa  $m=7102.3\pm1144.4$ ) entre sí. Ya que aquí sí se verifica una desigualdad con un porcentaje de alrededor del 22% a favor de las fibras tipo IIa de los V25, siendo además el grupo de fibras que alcanza mayores dimensiones transversales de todo nuestro estudio (V25>V25). (Figuras 134 y 114).

### **12.2.3.- Fibras tipo IIb.**

Abordaremos ahora el estudio de la segunda fibra, que junto a la anterior presenta una contracción rápida y que son las tipo IIb. Siguiendo los mismos pasos, describiremos las distintas variaciones de cada grupo en el tiempo, comparándolas entre ellas y con las diferentes actividades.

Cuando se analizó la superficie de las fibras tipo IIb, de los grupos que componían el conjunto de los controles (C21 y C25), hallamos en nuestros resultados, como nos había ocurrido ya anteriormente en otros tipos de fibras (I y IIa), que estadísticamente tampoco existía una diferencia significativa (C21-IIb  $m=4563.1\pm714.7$  y C25-IIb  $m=4747.6\pm772.4$ ). Por consiguiente como en casos anteriores pueden considerarse o no, como una sola muestra. (C21=C25). (Figuras 125 y 115).

En el estudio comparativo de cada grupo control (C21 y C25) con las fibras tipo IIb de los grupos de resistencia (R21 y R25), constatamos un incremento a favor de estos últimos que podemos evaluar en un 17% para los R21 y un 26% para los R25. (R21>C21 y R25>C25). (Figuras 126 y 115).

Siguiendo con los resultados, y con el enfrentamiento de los referidos grupos control (C21 y C25) y los velocistas dentro del mismo tipo de fibras, obtenemos unos datos mediante los cuales podemos argumentar que sí existe una disparidad que se pone de manifiesto presentando un incremento del 17% y del 31% en beneficio de los V21 y V25 respectivamente. ( $V21 > C21$  y  $V25 > C25$ ). (Figuras 127 y 115).

Evaluadas las superficies de las fibras tipo IIb del grupo R21 con los velocistas V21, vemos que no hay diferencia significativa entre ellos, y continuando con el estudio y comparando ahora el grupo R25 con el V25 tampoco se encuentra diferencia significativa con los velocistas de más tiempo, por lo que podemos pensar que la variación que hemos visto en cada grupo de deportistas con respecto al grupo control, sufre el incremento de superficie de corte de forma paralela con cualquier tipo de ejercicio. ( $R21 = V21$  y  $R25 = V25$ ). (Figuras 128 y 115).

Dentro de este tipo de fibras hemos cotejado los dos grupos de resistencia entre sí, y comprobamos que hay un aumento significativo que se incrementa con el tiempo llegando a un 8%. ( $R21-IIb$   $m=5424.7 \pm 772.1$  y  $R25-IIb$   $m=5867.9 \pm 766.9$ ). ( $R25 > R21$ ). (Figuras 133 y 115).

Los datos analizados en relación a la superficie de las fibras tipo IIb de los atletas de velocidad, muestran un incremento del 11% a lo largo de los cuatro años de diferencia de la practica deportiva ( $V21-IIb$   $m=5469.0 \pm 790.9$  y  $V25-IIb$   $m=6083.6 \pm 922.1$ ). ( $V25 > V21$ ). (Figuras 134 y 115).

#### **12.2.4.- Fibras tipo IIc.**

A continuación y como último apartado del estudio de la superficie de corte transversal de los distintos tipos de fibras, nos adentraremos en los resultados obtenidos al valorar las fibras de metabolismo y características intermedias, que constituyen el tipo IIc, en los diferentes grupos de nuestra muestra poblacional (C21, C25, R21, R25, V21 y V25).

En la comparación de este tipo fibrilar, dentro del grupo de los controles, se aprecia una diferencia estadísticamente significativa entre ambas muestras, que corresponde a un incremento de las C25 sobre las C21 ( $C21-IIc$   $m=4301.1 \pm 600.6$  y  $C25-IIc$   $m=4538.7 \pm 534.5$ ). Esta diferencia, aunque pequeña, ha sido estimada en un 5%. Ya que en este caso los dos grupos controles han puesto de manifiesto la diferencia que existe entre ambos, tendremos que estudiarlos por separado en el enfrentamiento con el resto de las poblaciones (R21, R25, V21 y V25). Las fibras IIc del grupo control C21

son las que menor superficie de corte presentan, en valor absoluto, entre todas las de su misma categoría estudiadas. ( $C21 < C25$ ). (Figuras 129 y 116).

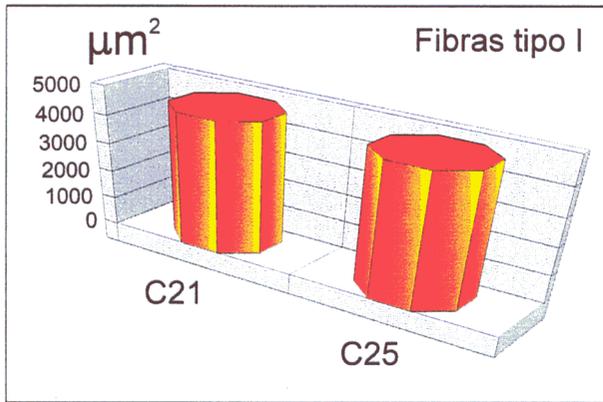
El enfrentamiento del grupo control C21, con el grupo de ciclistas R21, aporta una diferencia importante, de hasta un 32% a favor del grupo de deportistas y paralelamente al valorar las fibras tipo IIC del grupo C25 con el mismo tipo del grupo R25, también presentan un mayor tamaño las de los atletas, con una diferencia del 30%. Es decir, con el mayor tiempo dedicado a esta modalidad deportiva, la velocidad de cambio en el tamaño de estas fibras se mantiene casi constante. ( $R21 > C21$  y  $R25 > C25$ ). (Figuras 130 y 116).

Las fibras IIC de los estudiantes C21 se han comparado con las del mismo tipo de los deportistas dedicados a carrera de su misma edad (V21), obteniendo una diferencia del 21 % a favor del grupo problema. Con un planteamiento paralelo, valorando los grupos C25 y V25, también en este caso se ha producido un mayor aumento en el grupo que hace ejercicio, con un 20% a su favor. ( $V21 > R21$  y  $V25 > R25$ ). (Figuras 131 y 116).

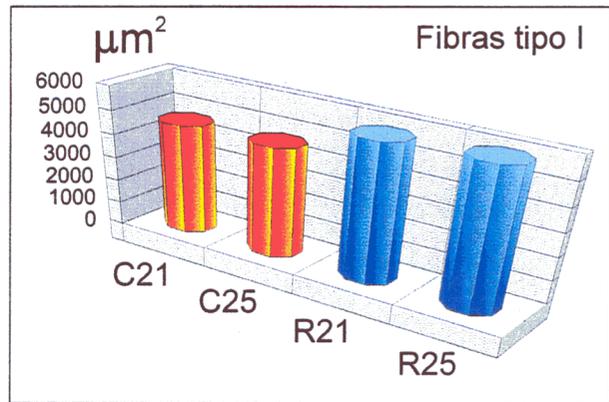
Dentro del estudio dedicado a la superficie fibrilar tenemos que reseñar la diferencia entre las fibras tipo IIC de los grupos de resistencia (R21 y R25) y los grupos de velocidad (V21 y V25). Vemos que existe una diferencia entre las fibras de R21 en relación con las V21. Esta diferencia es positiva a favor de las de resistencia un 8%. La diferencia existente entre las fibras de los R25 y los de velocidad V25, es positiva a favor de las de resistencia, también en 8%. ( $R21 > V21$  y  $R25 > V25$ ). (Figuras 132 y 116).

Pasamos a continuación a la comparación de los grupos de resistencia (R21 y R25) entre sí, y encontramos que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambas (R21-IIC  $m=5680.6 \pm 707.2$  y R25-IIC  $m=5879.2 \pm 747.5$ ), a favor de los deportistas que han llevado a cabo su entrenamiento reglamentado durante más años. ( $R25 > R21$ ). (Figuras 133 y 116).

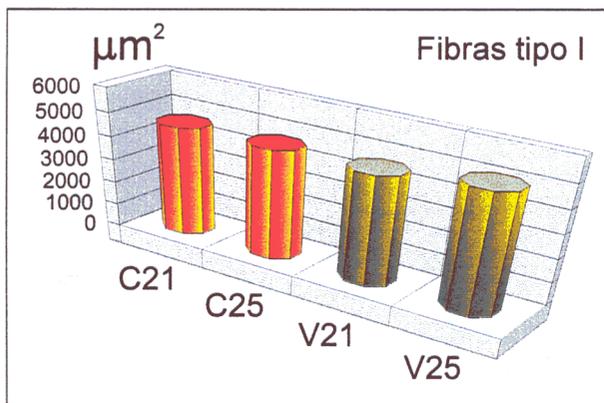
Si el estudio lo realizamos entre las fibras tipo IIC de los grupos de velocidad, comprobamos que en este caso si aparecen ambas muestras significativamente diferentes (V21-IIC  $m=5223.0 \pm 761 \pm 761.0$  y V25  $m=5446.2 \pm 807.4$ ), aunque en pequeña proporción, pues existe un aumento de superficie a favor de las V25. Dicha diferencia es de un 4%. ( $V25 > V21$ ). (Figuras 134 y 116).



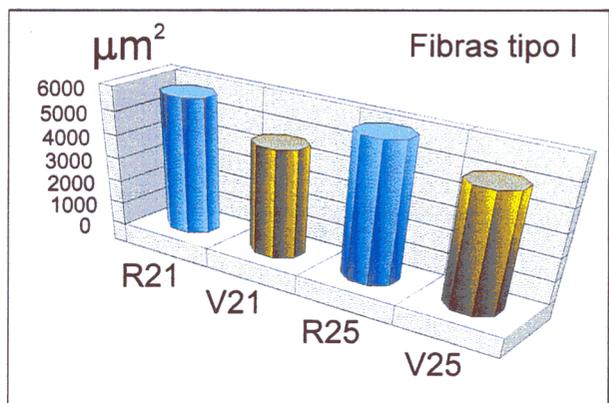
**Figura 117.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los distintos grupos control. Fibras tipo I. C21 y C25.



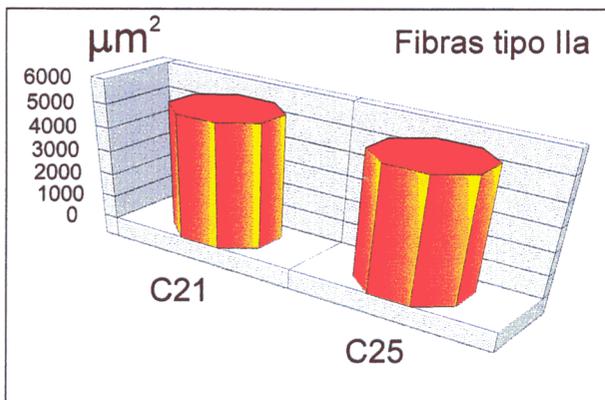
**Figura 118.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los grupos control y los de resistencia. Fibras tipo I. C21, C25, R21 y R25.



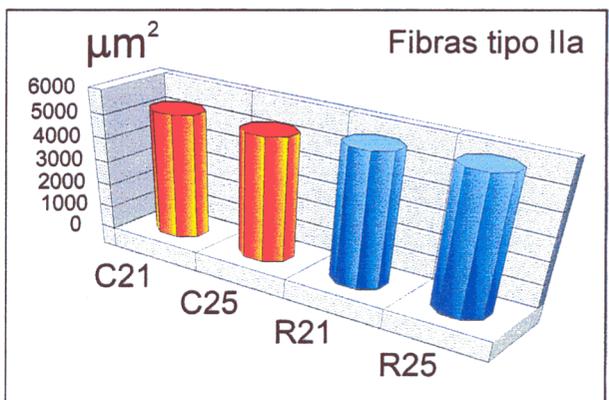
**Figura 119.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los grupos control y los de velocidad. Fibras tipo I. C21, C25, V21 y V25.



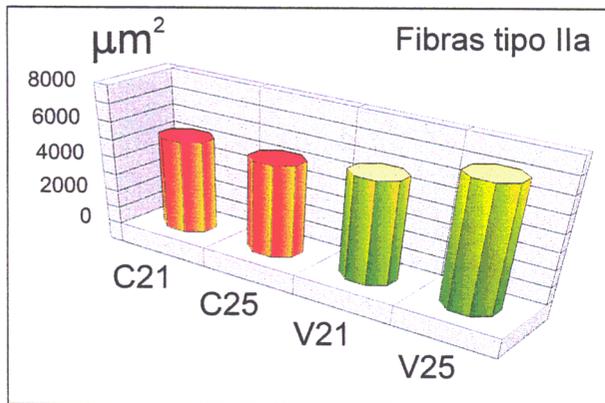
**Figura 120.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los grupos de resistencia y los de velocidad. Fibras tipo I. R21, V21, R25 y V25.



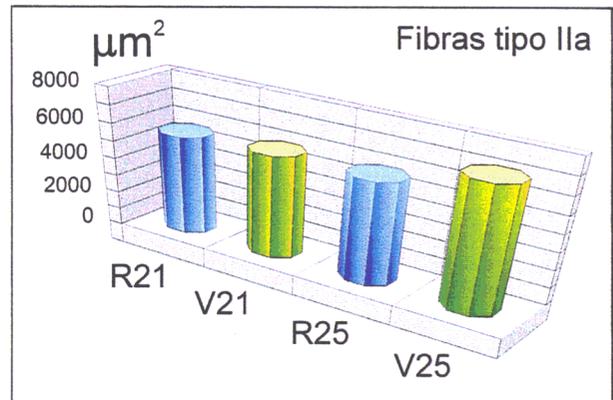
**Figura 121.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los distintos grupos control. Fibras tipo IIa. C21 y C25.



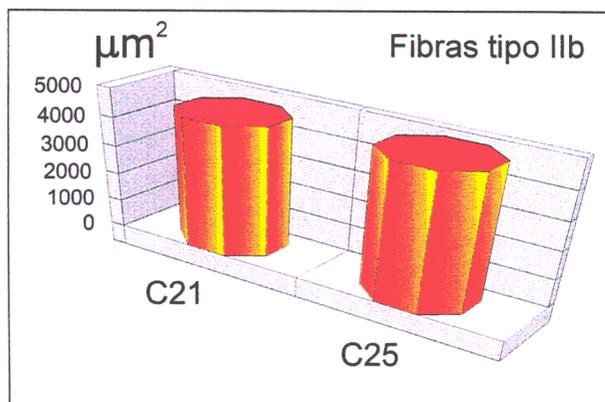
**Figura 122.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los grupos control y los de resistencia. Fibras tipo IIa. C21, C25, R21 y R25.



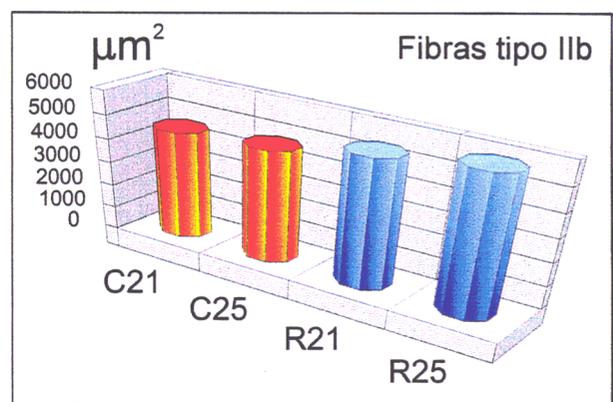
**Figura 123.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los grupos control y los de velocidad. Fibras tipo IIa. C21, C25, V21 y V25.



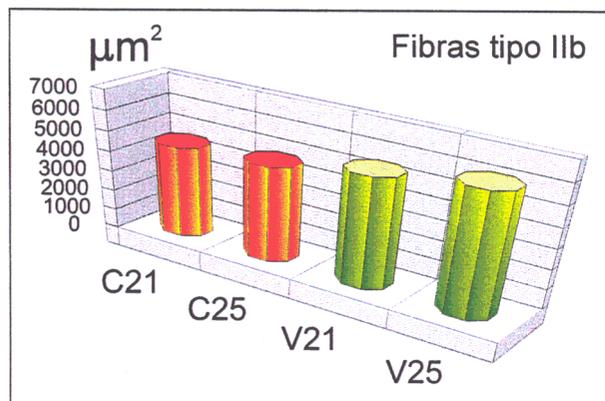
**Figura 124.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los grupos de resistencia y los de velocidad. Fibras tipo IIa. R21, V21, R25 y V25.



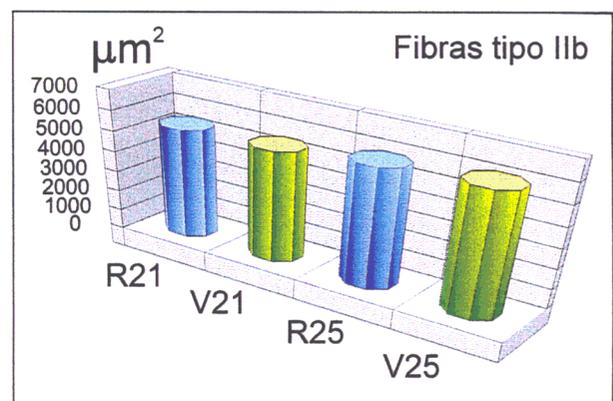
**Figura 125.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los distintos grupos control. Fibras tipo IIb. C21, C25.



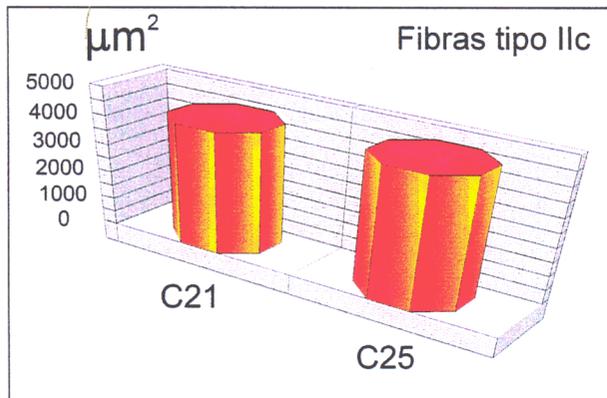
**Figura 126.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los grupos control y los de resistencia. Fibras tipo IIb. C21, C25, R21 y R25.



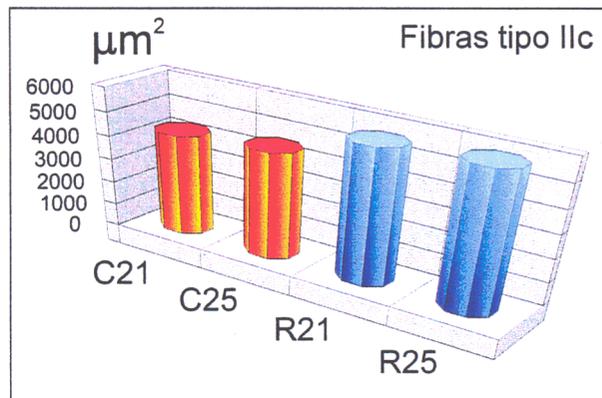
**Figura 127.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los grupos control y los de velocidad. Fibras tipo IIb. C21, C25, V21 y V25.



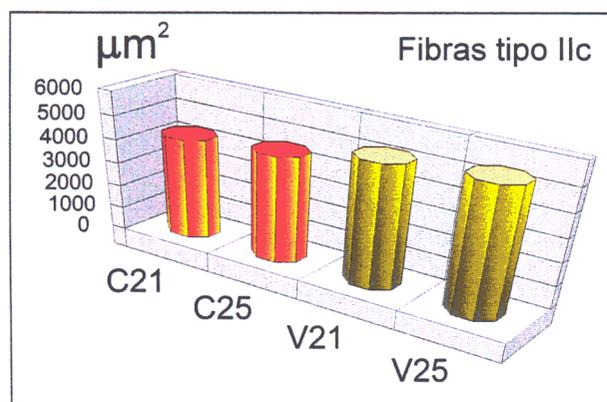
**Figura 128.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los grupos de resistencia y los de velocidad. Fibras tipo IIb. R21, V21, R25 y V25.



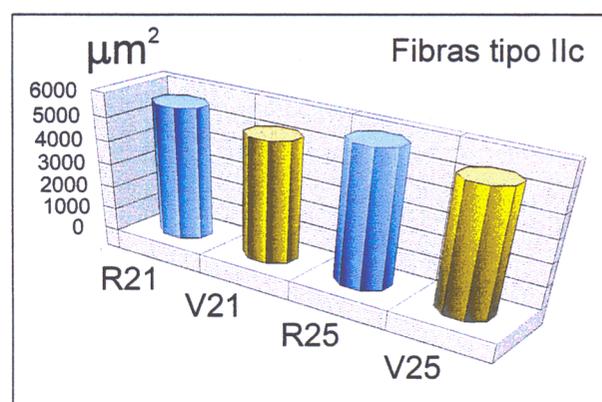
**Figura 129.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los distintos grupos control. Fibras tipo IIc. C21 y C25.



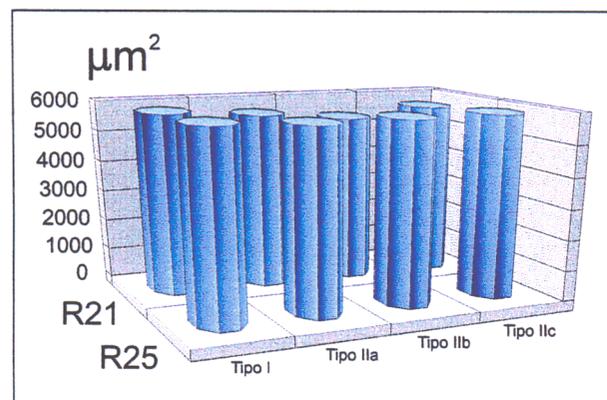
**Figura 130.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los grupos control y los de resistencia. Fibras tipo IIc. C21, C25, R21 y R25.



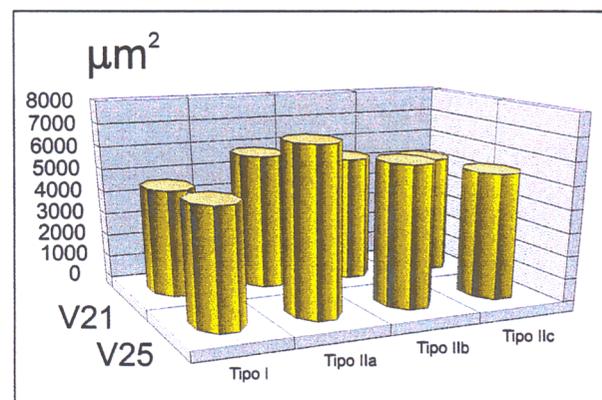
**Figura 131.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los grupos control y los de velocidad. Fibras tipo IIc. C21, C25, V21 y V25.



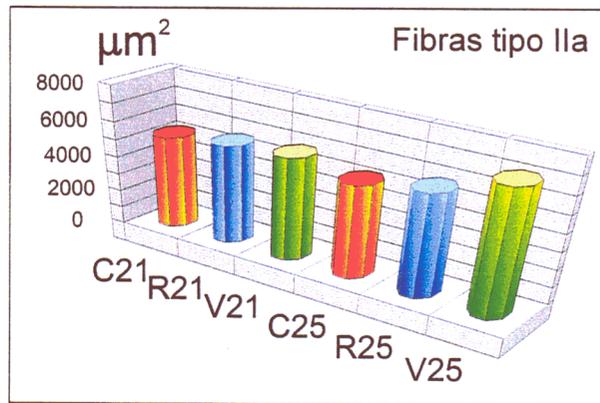
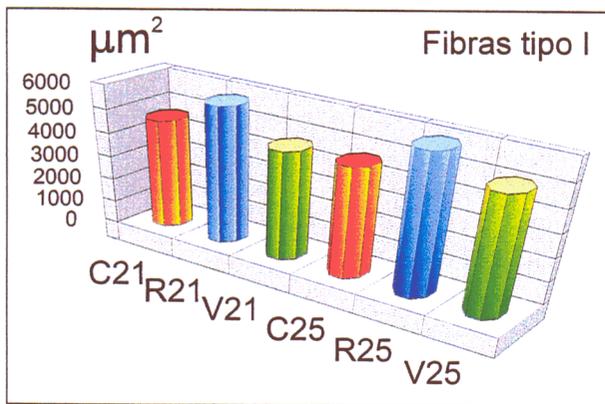
**Figura 132.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los grupos de resistencia y los de velocidad. Fibras tipo IIc. R21, V21, R25 y V25.



**Figura 133.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los grupos de resistencia, en función del tipo de fibras. Fibras tipo I, IIa, IIb y IIc. R21 y R25.

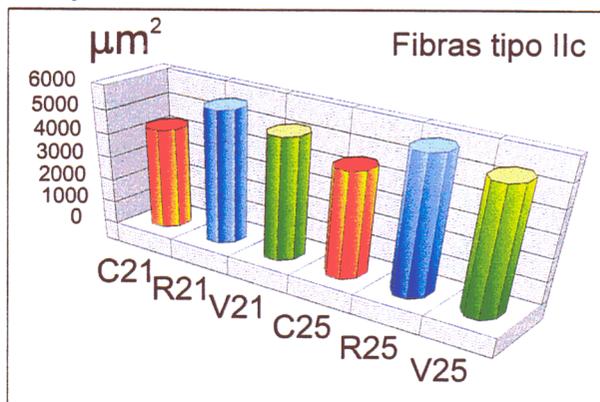
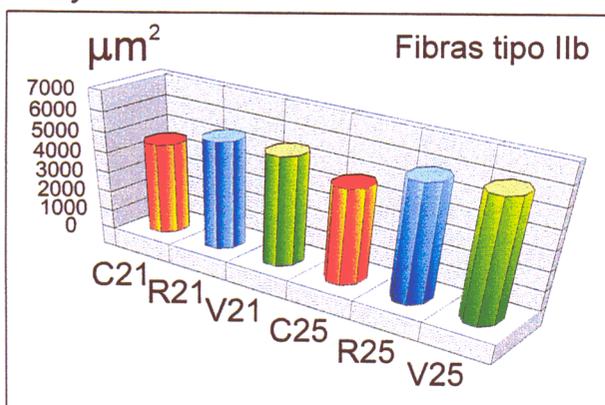


**Figura 134.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los grupos de resistencia, en función del tipo de fibras. Fibras tipo I, IIa, IIb y IIc. V21 y V25.



**Figura 136.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los grupos control, de resistencia y de velocidad. Fibras tipo I. C21, R21, V21, C25, R25 y V25.

**Figura 136.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los grupos control, de resistencia y de velocidad. Fibras tipo IIa. C21, R21, V21, C25, R25 y V25.



**Figura 137.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los grupos control, de resistencia y de velocidad. Fibras tipo IIb. C21, R21, V21, C25, R25 y V25.

**Figura 138.-** Representación gráfica comparativa de la superficie entre los grupos control, de resistencia y de velocidad. Fibras tipo IIc. C21, R21, V21, C25, R25 y V25.

	Fibras tipo I	Fibras tipo IIa	Fibras tipo IIb	Fibras tipo IIc
C21	4657.0±720.5	5287.3±617.2	4563.1±714.7	4301.1±600.6
C24	4670.9±555.5	5276.8±604.3	4747.6±772.4	4538.7±534.5
R21	5820.6±708.7	5648.5±597.0	5424.7±772.1	5680.6±707.2
V21	4639.7±763.7	5838.5±877.4	5469.0±790.9	5223.0±761.1
R24	5952.1±758.8	5827.4±760.0	5867.9±766.9	5879.2±747.5
V24	5077.0±837.1	7102.3±1144.4	6083.6±922.1	5446.2±807.4

**Tabla XIV.-** Cuadro resumen comparativo de los resultados obtenidos en el estudio de la superficie media de corte transversal de los diferentes tipos de fibra en cada grupo del protocolo experimental.

### **12.3.- VARIACIONES DEL VOLUMEN MITOCONDRIAL EN RELACIÓN AL VOLUMEN DE CADA TIPO DE FIBRA.**

A continuación analizaremos la proporción volumétrica, entre las mitocondrias y el resto de la fibra, en todos los grupos del protocolo propuesto. Los datos fueron obtenidos a través de cortes seriados de microscopía electrónica y estudiados mediante un analizador de imágenes.

#### **12.3.1.- Fibras tipo I.**

En el estudio del volumen mitocondrial relacionado con las fibras tipo I de los grupos controles (C21 y C25), se objetiviza que sí existe una diferencia volumétrica, que es mayor según la edad del individuo y se cuantifica en un 7% a favor de las C25, (C21- $m=2.9\pm 0.5$  y C25  $m=3.1\pm 1.0$ ). Por este hecho la distribución de los grupos computados para el estudio de esta variable, difiere de la variable anterior, y este incremento en el volumen mitocondrial entre los elementos del grupo control, nos obliga a hacer una comparación entre grupos homólogos en el tiempo. (C25>C21). (Figura 139).

Cuando se compara el volumen mitocondrial de las fibras tipo I, del grupo C21, con sus semejantes del grupo de resistencia con tres años de práctica deportiva, los datos obtenidos nos muestran claramente que hay una variación positiva, ya que las fibras de R21 poseen una densidad de mitocondrias un 28% más elevado que las C21. Si seguimos el mismo planteamiento entre las fibras equivalentes que pertenecen a los grupos C25 y R25, se registra una diferencia positiva en los atletas de resistencia, incluso mayor que la existente en el grupo anterior, siendo aquí de un 39% a favor de los segundos. (R21>C21 y R25>C25). (Figura 140).

Con estos mismos criterios, se enfrentan los grupos control y de velocidad y se observa que también aparece una diferencia significativamente positiva a favor de los velocistas, siendo ésta de un 28%. Los cambios aparecidos al comparar los grupo control de mayor edad y los atletas de V25, proporcionan una diferencia a favor de los velocistas que está calculada en un 35%. (V21>C21 y V25>C25). (Figura 141).

Los cambios cuantitativos de esta variable, durante los tres primeros años de realización de un deporte, ya sea de resistencia (R21) o de velocidad (V21), no muestran una diferencia significativa entre ambos. Lo mismo sucede si las muestras analizadas son las correspondientes a los siete años de práctica deportiva. (R21=V21 y R25=V25). (Figura 142).

El examen de las muestras pertenecientes a ambos grupos de resistencia (R21 y R25), nos ponen de manifiesto que su porcentaje del volumen mitocondrial, es diferente estadísticamente y también como ocurría en casos anteriores con otros grupos (C21 y C25), guardan una relación que es proporcional al tiempo transcurrido en la práctica del deporte. Esta diferencia que es positiva, se decanta hacia las R24 en un porcentaje de alrededor de un 16%. (R21-I  $m=3.7\pm 0.4$  R25-I  $m=4.3\pm 0.9$ . R25>R21). (Figura 155).

Por último y dentro de las fibras tipo I, los resultados obtenidos en la comparación de los distintos grupos de velocistas (V21 y V25), muestran la existencia de una diferencia que guarda relación con el tiempo que se ha realizado el ejercicio. La tabulación de esta diferencia nos arroja un resultado de un 14% a favor de las V25. (V21-I  $m=3.7\pm 0.5$  y V25-I  $m=4.2\pm 1.1$ ). (V25>V21). (Figura 156)

### **12.3.2.-Fibras tipo IIa.**

Continuando ahora con la misma sistemática empleada hasta el momento, estudiamos la distribución de mitocondrias en las fibras tipo IIa, que por sus características metabólicas, pueden aparecer en menor cantidad que las de tipo I.

Primeramente comparamos los dos grupos controles (C21 y C25), y encontramos que presentan una discrepancia estadísticamente válida (C21-IIa  $m=2.7\pm 0.5$  y C25-IIa  $m=2.2\pm 0.7$ ). Estos datos muestran una diferencia del 19% de la densidad de volumen mitocondrial de las C25, en relación con las C21, es decir, una disminución porcentual del volumen mitocondrial, con el transcurso del tiempo, en personas de vida sedentaria. Como en los casos anteriores y al existir una diferencia significativa entre los dos grupos control, ambos deberán ser tratados estadísticamente como dos muestras distintas y serán enfrentadas con los grupos de deportistas de sus mismas edades. (C21>C25). (Figura143).

Dentro de los cálculos comparativos efectuados entre las C21 y el grupo de los atletas de resistencia, encontramos que no existe una diferencia significativa con los R21. Elegimos ahora el segundo grupo control C25 y lo comparamos con el grupo de atletas de resistencia R25. Vimos de antemano que el porcentaje en volumen mitocondrial de este grupo, es el más pequeño dentro de las fibras de su mismo tipo en todas las series estudiadas. Existiendo por tanto una diferencia con las R25, que será siempre en beneficio de los atletas de resistencia. Dicho aumento es de un 68%. (C21=R21 y C25<<R25). (Figura 144).

A continuación hemos comparado el mismo grupo control C21 y el grupo de velocistas V21. De este análisis se desprende la siguiente consideración: no existe una diferencia entre ambos grupos. Cuando comparamos el grupo control V25 y los atletas de velocidad V25, y teniendo en cuenta lo dicho anteriormente sobre su pequeño porcentaje en mitocondrias, nos encontramos que hay una disparidad con los velocistas de un 50% a favor de éstos. (V21=C21 y V25>>C25). (Figura 145)

Los grupos de resistencia R21 y R25, cuando son investigados bajo los parámetros estadísticos propuestos, nos muestran que son diferentes, y que existe una relación temporal (R21-IIa  $m=2.7\pm 0.5$  y R25-IIa  $m=3.7\pm 1.4$ ). Se aprecia que hay un incremento del 37% del R25 sobre el R21. (R25>R21). (Figura 155).

Para seguir con la misma sistemática desarrollada hasta ahora realizamos el estudio comparativo de las fibras IIa entre los grupos de velocidad V21 y V25. Dicho análisis nos muestra la existencia de una disparidad entre estos dos grupos (V21-IIa  $m=2.7\pm 0.6$  y V25-IIa  $m=3.3\pm 0.9$ ). Esta desigualdad la hemos estimado en un incremento de un 22% a favor de las V25. (V25>V21). (Figura 156).

### **12.3.3.- Fibras tipo IIb.**

Ya a simple vista, vemos que este tipo fibrilar es el que menos densidad de volumen de mitocondrias presenta, en relación al resto de los grupos (I, IIa y IIc) y se manifiesta además invariablemente en todos los grupos estudiados (C21, C25, R21, R25, V21 y V25). Seguiremos los mismos patrones de comparación empleados en los casos anteriores, por lo cual se estudiarán en primer lugar los grupos controles entre sí.

Al estudiar los datos que se desprenden de la aplicación del método estadístico en la dos poblaciones control, cabe resaltar que dichos datos nos muestran que en este tipo de fibras, según ha transcurrido el tiempo, aparece una disminución del volumen mitocondrial de un 11%, en la relación entre C21 y C25 (C21-IIb  $m=1.8\pm 0.3$  y C25-IIb  $m=1.6\pm 0.6$ ). En las fibras tipo IIb del conjunto C25 hemos encontrado el tanto por ciento de volumen mitocondrial más pequeño de todas las series y tipos de fibras estudiados. (C21>C25). (Figura 147).

El análisis del grupo C21, comparado con su correspondiente grupo de atletas de resistencia, presenta una diferencia a favor de éstos de un 17%. Esta diferencia en el volumen mitocondrial es aun mayor, cuando se compara el grupo control con los ciclistas que llevan al menos siete años de práctica deportiva, presentando una

diferencia de volumen de un 50% más en estos últimos. ( $R21 > C21$  y  $R25 \gg C25$ ). (Figuras 148).

A continuación se procedió a realizar la comparación de este mismo parámetro, entre los grupos C21 y los atletas de velocidad con tres años de antigüedad, apareciendo aquí un pequeño incremento para las V21 de un 6%, pero no por eso menos importante. El enfrentamiento de los datos obtenidos en el análisis de los grupos C25 y V25, proporcionan una diferencia mucho más manifiesta, con un 44% más en el volumen de mitocondrias en este tipo de fibras, en los velocistas. ( $V21 > C21$  y  $V21 \gg C25$ ). (Figura 149).

El siguiente paso consistió en el análisis por separado de los dos grupos de resistencia (R21 y R25) con cada uno de los grupos de velocidad (V21 y V25). Cuando la población estudiada fue la de los grupos de menor edad, la valoración alcanzada muestra que los atletas de velocidad presentan el volumen mitocondrial un 10% inferior que los de resistencia. Cuando se enfrentan el grupo R25 con el de velocidad V25, no existe discrepancia entre ellas. ( $R21 > V21$  y  $R25 = V25$ ). (Figura 150).

Analizamos ahora las series pertenecientes a los grupos de resistencia (R21 y R25) entre sí, y apreciamos que había un incremento en dicha relación ( $R21$ -IIb  $m=2.1 \pm 0.5$  y  $R25$ -IIb  $m=2.4 \pm 1.1$ ) y que ésta era proporcional al tiempo de realización de la práctica deportiva. Dicho incremento era de un 14% a favor de la R25. ( $R25 > R21$ ). (Figura 155).

Para acabar con este grupo de fibras, los resultados obtenidos al cotejar los grupos de velocidad V21 y V25 entre sí, mostraron la existencia de un aumento significativo (V21-IIb  $m=1.9 \pm 0.2$  y V25-IIb  $m=2.3 \pm 0.7$ ), a favor de los corredores que han dedicado más tiempo a la práctica deportiva, que correspondió a un 21%. ( $V25 > V21$ ). (Figura 156).

#### **12.3.4.- Fibras tipo IIc.**

A continuación y ya en último lugar de estos resultados, nos queda por analizar los datos obtenidos en la comparación porcentual del volumen mitocondrias para las fibras tipo IIc en todos los grupos del protocolo.

Los primeros en compararse entre sí, fueron los pertenecientes a los grupos controles (C21 y C25). De dicho estudio se desprende que no hay una diferencia estadística entre ambas series (C21-IIc  $m=3.2 \pm 0.8$  y C25-IIc  $m=3.2 \pm 1.5$ ), por lo cual

para posteriores estudios pueden considerarse o no, como una sola serie. (C21=C25). (Figura 151).

Cuando se estudian la serie anteriormente citada, y los grupos de resistencia (R21 y R25), observamos que en este caso sí se aprecia estadísticamente la existencia de una discrepancia, tanto en relación con la R21 como con la R25. Dicha diferencia es siempre positiva a favor de estos deportistas, y es tanto más favorable cuanto mayor es el tiempo de dedicación al deporte. Este incremento es de un 25% para las R21 y de un 44% para las R25. (R21>C21 y R25>C25). (Figura 152).

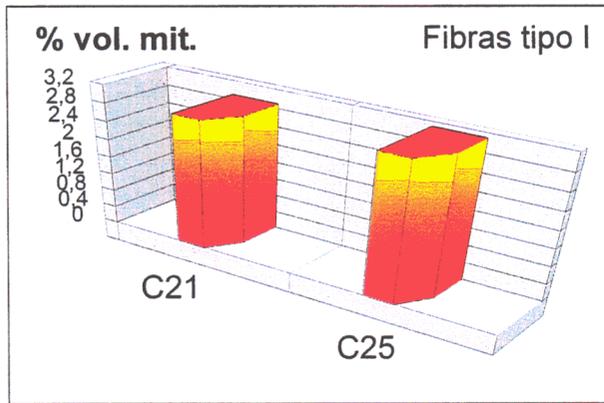
Si las que comparamos en este paso siguiente, son las series controles y las series de los velocistas (V21 y V25), se aprecia que no existe en este caso ninguna diferencia entre estas series. De lo cual se deduce, que las únicas que sufren incremento entre todas las series serían las pertenecientes a los atletas de resistencia. (V21=C21 y V25=C25). (Figura 153).

La comparación de los grupos de resistencia (R21 y R25) con los grupos de velocidad (V21 y V25), se basa en los datos obtenidos en el estudio anterior, haciendo el estudio de este apartado innecesario, ya que nos arrojaría los mismos resultados que cuando comparamos los controles (C21 y C25) son los de resistencia. Dicha diferencia siempre a favor de los R21 y R25 es de un 25% y 44% respectivamente. (R21>V21 y R25>V25). (Figura 154).

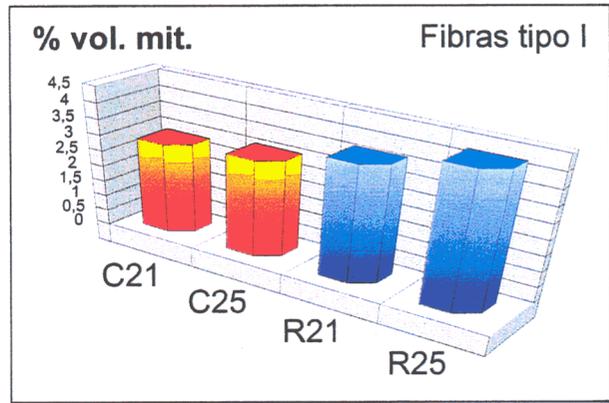
Al valorar la diferencia de densidad mitocondrial entre los dos grupos de ciclistas, vemos que sigue una curva ascendente, a favor de aquellos que han dedicado un tiempo más prolongado al deporte (R21-IIC  $m=4.0\pm 0.6$  y R25-IIC  $m=4.6\pm 1.0$ ), con un incremento del 15% a favor de R25. (R25>R21). (Figura 155).

Como ya adelantamos anteriormente, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambas muestras (V21-IIC  $m=3.3\pm 0.7$  y V25-IIC  $m=3.2\pm 1.4$ ). (V21=V25). (Figura 156).

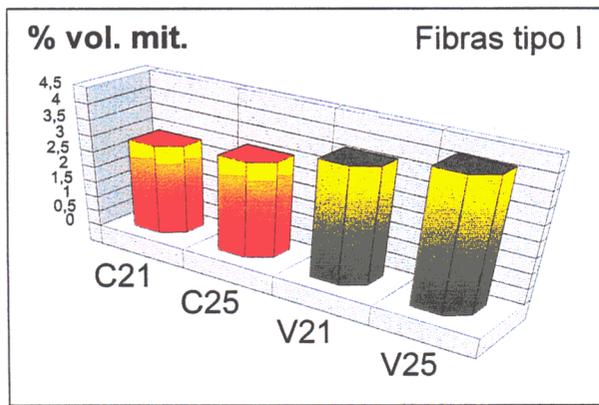
Todos estos datos podemos repasarlos de forma resumida en las figuras 157 a 160, y en la tabla XV, así como en las imágenes equivalentes a este estudio, obtenido a partir de datos ultraestructurales, ahora en su vertiente histoquímica. (Figura 161).



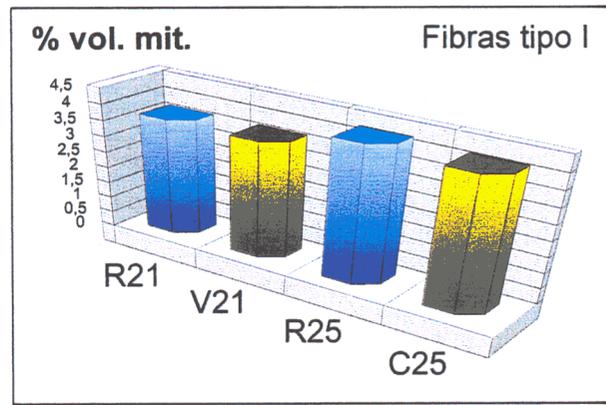
**Figura 139.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los distintos grupos control. Fibras tipo I. C21 y C25.



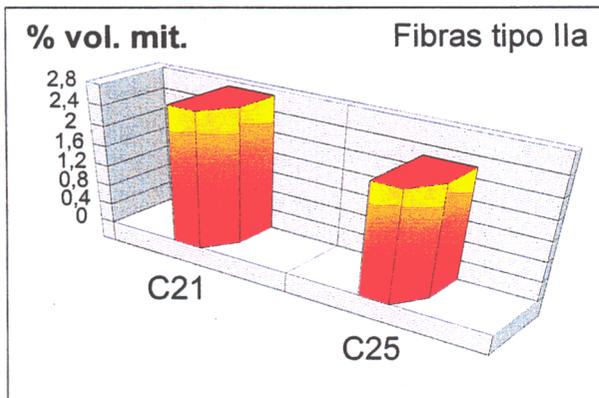
**Figura 140.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los grupos control y los de resistencia. Fibras tipo I. C21, C25, R21 y R25.



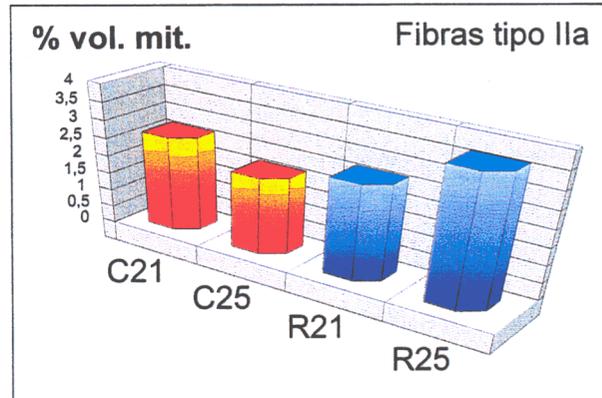
**Figura 141.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los grupos control y los de velocidad. Fibras tipo I. C21, C25, V21 y V25.



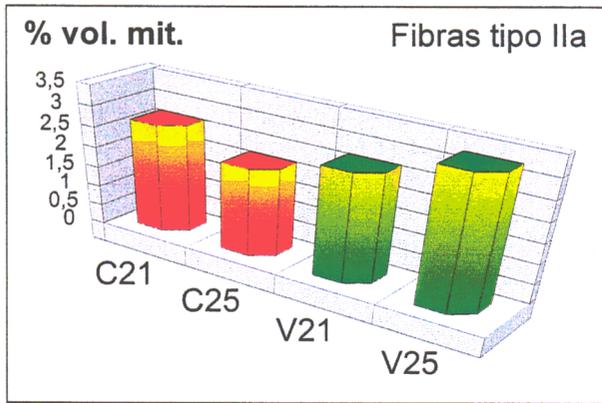
**Figura 142.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los grupos de resistencia y los de velocidad. Fibras tipo I. R21, V21, R25 y C25.



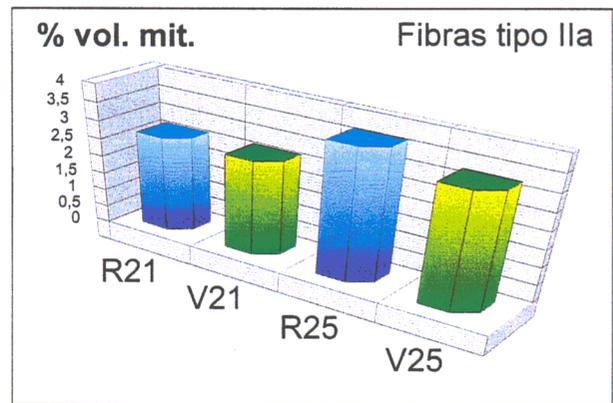
**Figura 143.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los distintos grupos control. Fibras tipo IIa. C21 y C25.



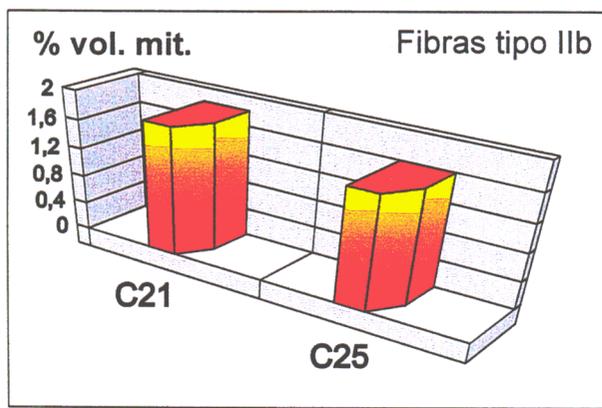
**Figura 144.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los grupos control y los de resistencia. Fibras tipo IIa. C21, C25, R21 y R25.



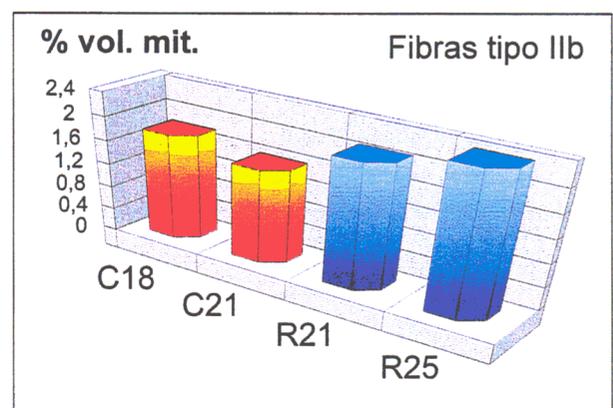
**Figura 145.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los grupos control y los de velocidad. Fibras tipo IIa. C21, C25, V21 y V25.



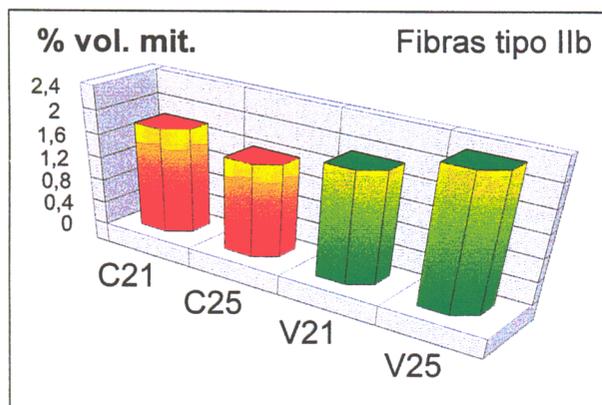
**Figura 146.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los grupos de resistencia y los de velocidad. Fibras tipo IIa. R21, V21, R25 y V25.



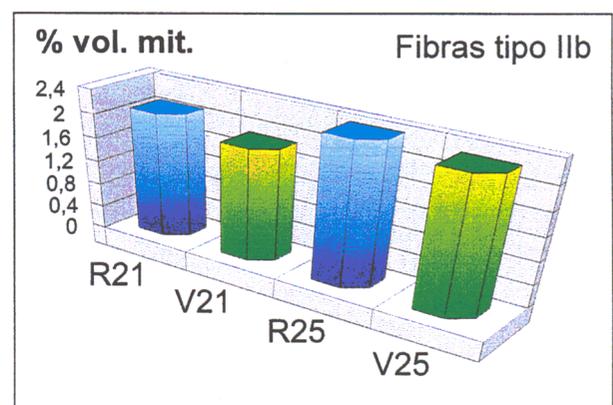
**Figura 147.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los distintos grupos control. Fibras tipo IIb. C21 y C25.



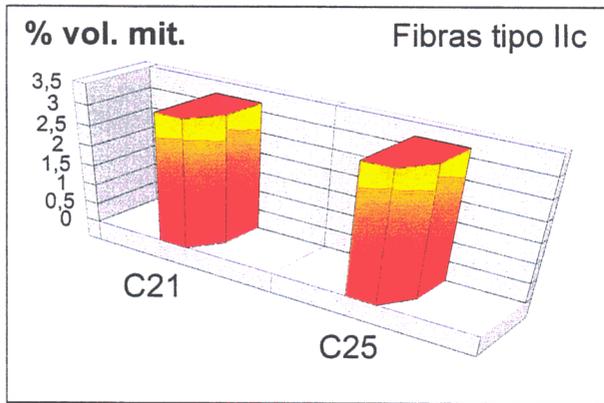
**Figura 148.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los grupos control y los de resistencia. Fibras tipo IIb. C21, C25, R21 y R25.



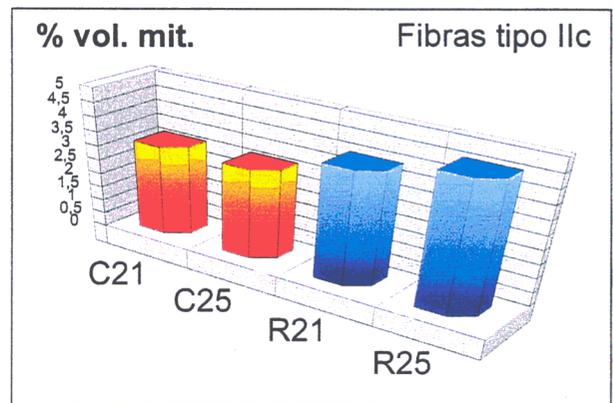
**Figura 149.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los grupos control y los de velocidad. Fibras tipo IIb. C21, C25, V21 y V25.



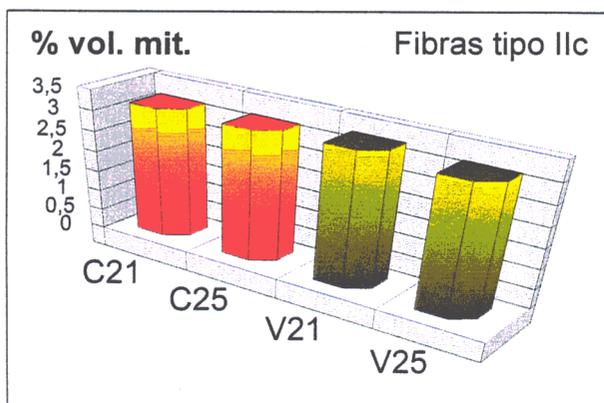
**Figura 150.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los grupos de resistencia y los de velocidad. Fibras tipo IIb. R21, V21, R25 y V25.



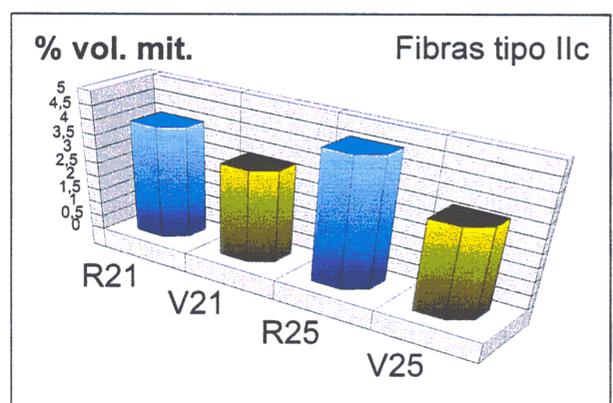
**Figura 151.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los distintos grupos control. Fibras tipo IIc. C21 y C25.



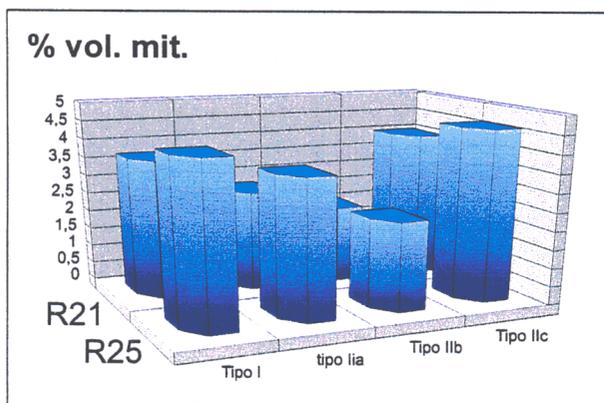
**Figura 152.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los grupos control y los de resistencia. Fibras tipo IIc. C21, C25, R21 y R25.



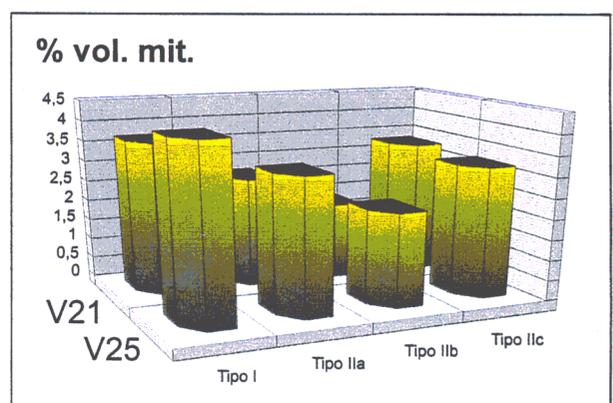
**Figura 153.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los grupos control y los de velocidad. Fibras tipo IIc. C21, C25, V21 y V25.



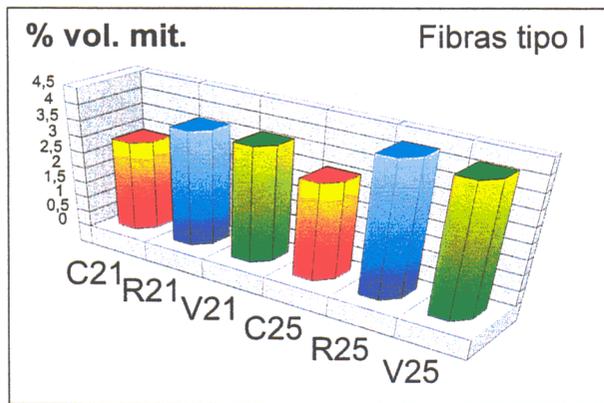
**Figura 154.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los grupos de resistencia y los de velocidad. Fibras tipo IIc. R21, V21, R25 y V25.



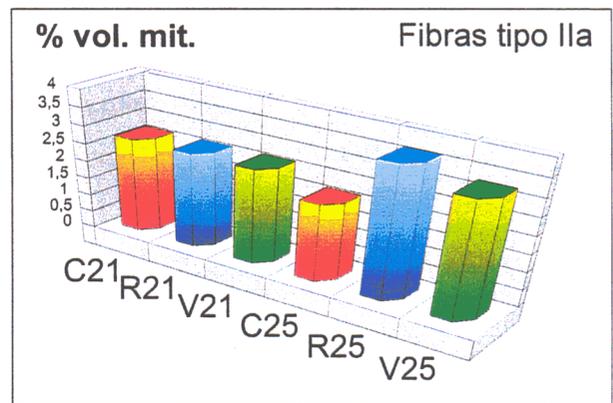
**Figura 155.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los grupos de resistencia en función del tipo de fibra. Fibras tipo I, Ila, I Ib y IIc. R21 y R25.



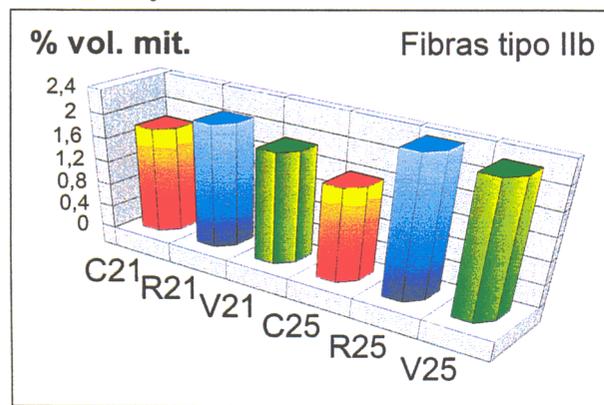
**Figura 156.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los grupos de velocidad en función del tipo de fibra. Fibras tipo I, Ila, I Ib y IIc. V21 y V25.



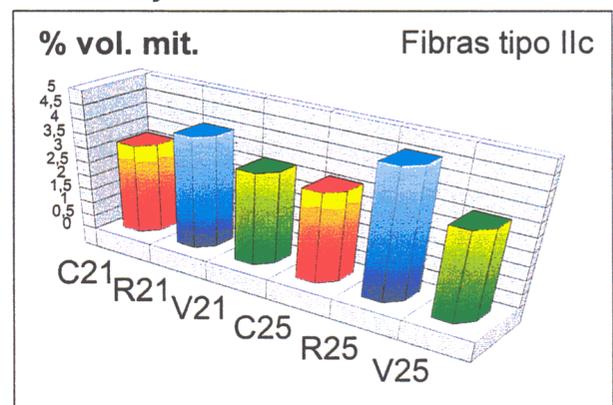
**Figura 157.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los grupos control, resistencia y velocidad. Fibras tipo I. C21, R21, V21, C25, R25 y V25.



**Figura 158.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los grupos control, resistencia y velocidad. Fibras tipo Iia. C21, R21, V21, C25, R25 y V25.



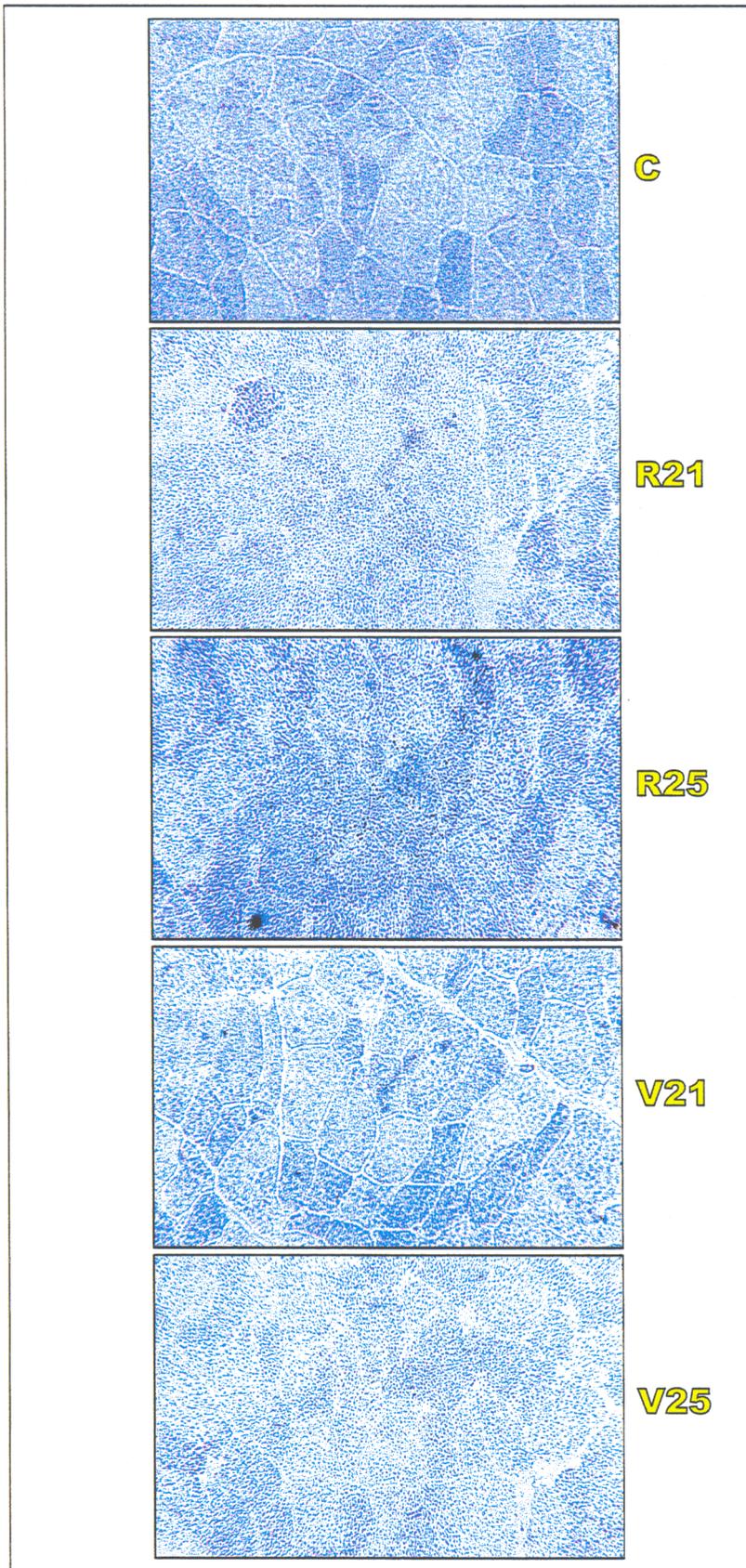
**Figura 159.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los grupos control, resistencia y velocidad. Fibras tipo IIb. C21, R21, V21, C25, R25 y V25.



**Figura 160.-** Representación gráfica comparativa del volumen mitocondrial entre los grupos control, resistencia y velocidad. Fibras tipo IIc. C21, R21, V21, C25, R25 y V25.

	Fibras tipo I	Fibras tipo IIa	Fibras tipo IIb	Fibras tipo IIc
C21	2.9±0.5	2.7±0.5	1.8±0.3	3.2±0.8
C24	3.1±1.0	2.2±0.7	1.6±0.6	3.2±1.5
R21	3.7±0.4	2.7±0.5	2.1±0.5	4.0±0.6
V21	3.7±0.5	2.7±0.6	1.9±0.2	3.3±0.7
R24	4.3±0.9	3.7±1.4	2.4±1.1	4.6±1.0
V24	4.2±1.1	3.3±0.9	2.3±0.7	3.2±1.4

**Tabla XV.-** Cuadro resumen comparativo de los resultados obtenidos en el estudio cuantitativo de las variaciones del volumen mitocondrial en relación al volumen fibrilar de los diferentes tipos de fibra en cada grupo del protocolo experimental.



**Figura 161.-** Corte transversal de tejido muscular. Se observa la diferente proporción de concentración mitocondrial en cada grupo experimental. SDH. 400x.

#### **12.4.- ESTUDIO CUANTITATIVO DE LAS VARIACIONES EN EL NÚMERO DE CAPILARES EN LOS DIFERENTES GRUPOS DEL PROTOCOLO.**

El último de los parámetros que vamos a considerar, tiene la característica de ser extracelular, por lo que las variaciones según el tipo de fibra en cada grupo del protocolo propuesto, solo serían estadísticamente interpretables, si todas las fibras que rodean a cada capilar fuesen del mismo tipo, es decir, si el músculo fuese de contracción rápida o contracción lenta. Pero en nuestro caso, es un músculo mixto y cada capilar puede estar rodeado de cualquiera de los tipos de fibras que presenta, por lo que solo vamos a considerar sus variaciones en relación al cambio total en cada uno de los grupos propuestos en el protocolo experimental.

El número de capilares detectados por  $\text{mm}^2$  de superficie de corte transversal, en los distintos cortes de tejido muscular pertenecientes a los grupos controles (C21 y C25) no presentaban entre sí una diferencia significativa (C21  $m=277.1\pm 82.5$  y C25  $m=300.2\pm 96.0$ ), por tanto para posteriores comparaciones pueden considerarse como dos grandes grupos o como uno solo. (C21=C25). (Figuras 167 y 168).

En segundo término, si comparamos los grupos control (C21-C25) con los grupos de resistencia (R21 y R25), se objetiviza claramente que en este caso sí existe una desigualdad en las muestras estudiadas, que se acentúa durante el transcurso de la práctica deportiva. Este incremento observado va siempre a favor de los grupos R21 y R25 y se puede estimar en 50% y 104% respectivamente, (R21>C21 y R25>>C25). (Figuras 162 y 168).

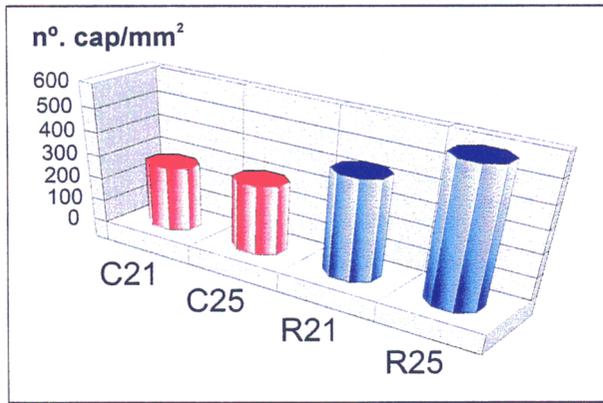
Cuando comparamos los grupos control (C21-C25) con los grupos pertenecientes a los atletas de velocidad (V21 y V25), se pone de manifiesto como en el caso anterior que existe un incremento vascular significativo, pero este cambio se realiza en los tres primeros años y en el transcurso de los cuatro años siguientes, la diferencia no es valorable. Dicho incremento en el número de capilares/ $\text{mm}^2$  de V21, es de un 95%, (V21>C21 y V25=C25). (Figuras 163 y 168).

En la comparación de la vascularización de las fibras musculares de atletas de resistencia con los de velocidad, hemos visto por los datos obtenidos, que en los tres primeros años de la práctica del ejercicio, existe un claro aumento de capilares por  $\text{mm}^2$  en los velocistas. Esta diferencia podemos valorarla en un 29%. Cuando ya han transcurrido seis años de la práctica deportiva, apreciamos que la diferencia invierte su sentido y existe un incremento a favor de los de resistencia (R25) de un 4% en relación con los velocistas (V25) (R21<V21 y R25>V25). (Figuras 164 y 168).

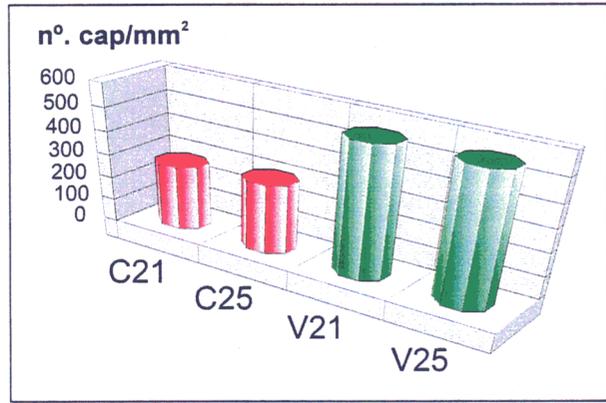
Si el estudio estadístico lo efectuamos comparando las dos poblaciones de atletas de resistencia, los datos que encontramos ((R21  $m=435.0\pm77.6$  y R25  $m=589.5\pm55.5$ ), nos ponen de manifiesto que existe una diferencia constatable a medida que transcurre el tiempo. Este incremento de R25 en relación con las R21 es del 36%, (R25>R21). (Figuras 165 y 168).

Por último, igual que en el estudio que realizamos al comparar el grupo control, se desprende que las dos muestras de los velocistas, no presentan entre sí una divergencia, poniéndose de manifiesto en los valores obtenidos (V21  $m=562.7\pm78.5$  y V25  $m=566.2\pm87.3$ ). El crecimiento que experimenta el lecho vascular es prácticamente despreciable, si lo comparamos con las primeras etapas. (V21 = V25). (Figuras 166 y 168).

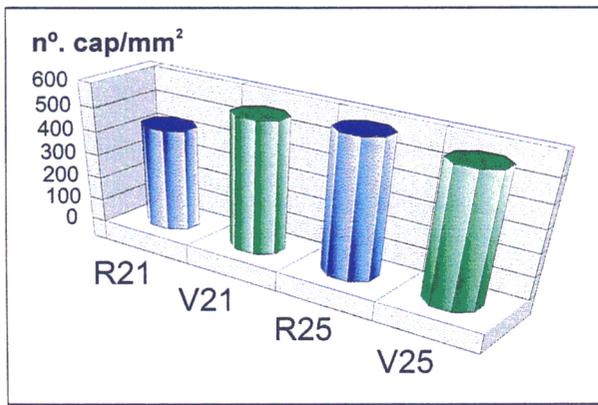
Todos estos datos son expuestos esquemáticamente en la tabla número XVI y en las figuras 167 y 168).



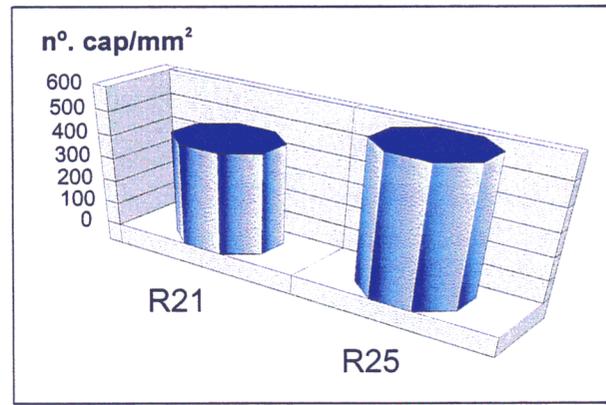
**Figura 162.-** Representación gráfica comparativa de la concentración vascular entre los grupos control y los de resistencia. C21, C25, R21 y R25.



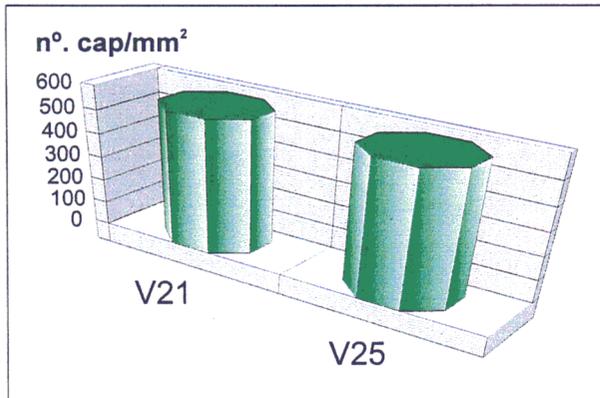
**Figura 163.-** Representación gráfica comparativa de la concentración vascular entre los grupos control y los de velocidad. C21, C25, V21 y V25.



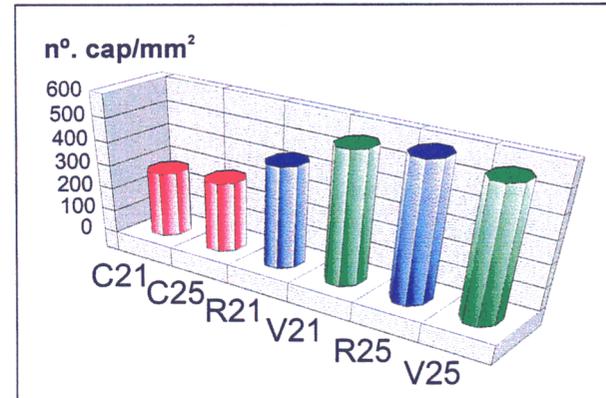
**Figura 164.-** Representación gráfica comparativa de la concentración vascular entre los grupos de resistencia y los de velocidad. R21, V21, R25 y V25.



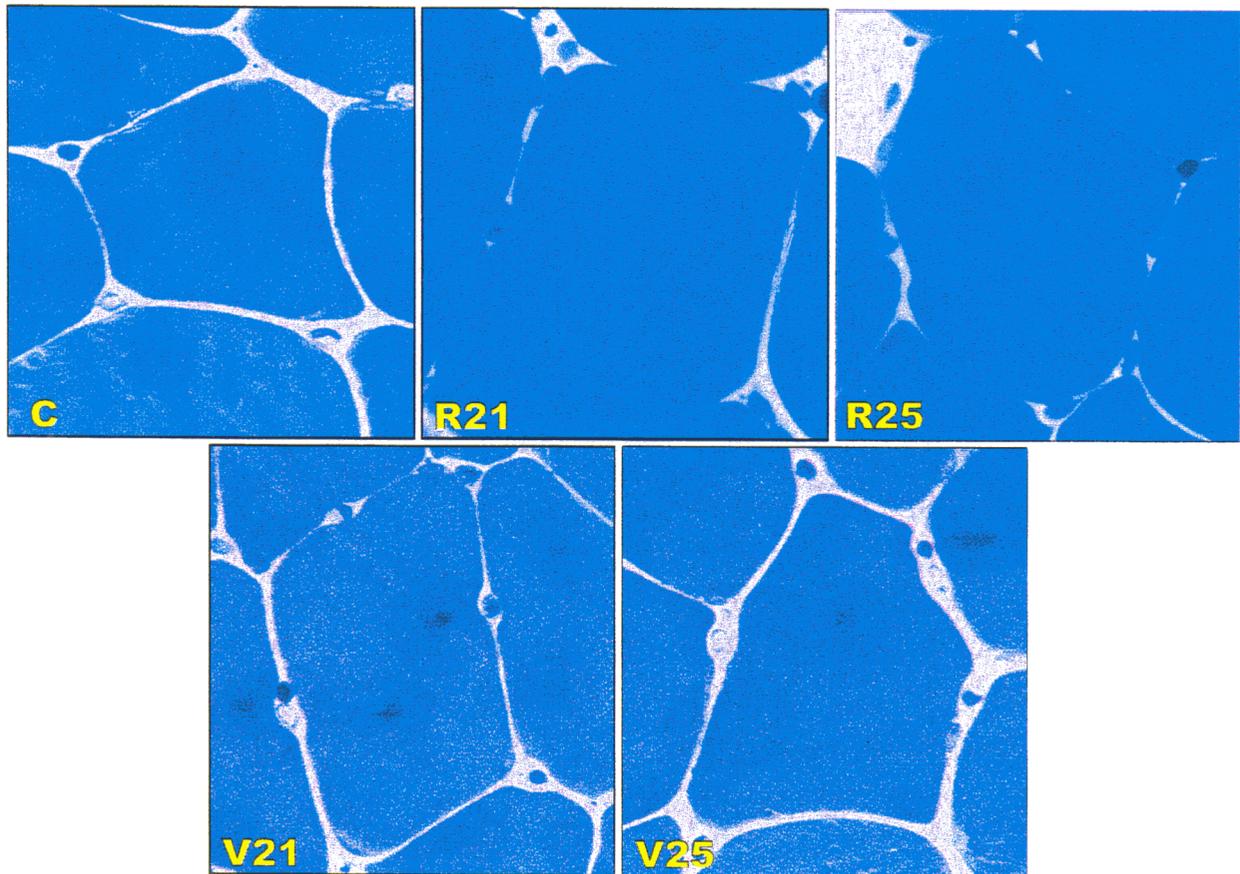
**Figura 165.-** Representación gráfica comparativa de la concentración vascular entre los distintos grupos de resistencia. R21 y R25.



**Figura 166.-** Representación gráfica comparativa de la concentración vascular entre los distintos grupos de velocidad. V21 y V25.



**Figura 167.-** Representación gráfica comparativa de la concentración vascular entre los grupos control, de resistencia y de velocidad. C21, C25, R21, V21, R25 y V25.



**Figura 168.-** Cortes semifinos transversales de tejido muscular de cada uno de los grupos experimentales, donde se aprecia la diferente densidad vascular. Azul de toluidina. 1000x.

	Capilares/mm <sup>2</sup>
C21	277.1±82.5
C24	300.2±96.0
R21	435.0±77.6
V21	562.7±78.5
R24	589.5±55.5
V24	566.2±87.3

**Tabla XVI.-** Cuadro resumen comparativo de los resultados obtenidos en el estudio cuantitativo del n° de capilares por unidad de superficie de corte transversal en los diferentes grupos experimentales.

**ABRIR DISCUSIÓN**

