



Método de Correlación Integración Fractal Aplicado a Fibras Musculares

García Muñoz Valeria¹, Rodríguez Torres Erika Elizabeth², Itzá Ortiz Benjamín Alfonso², Viveros Rogel Jorge², López García Kenia³ y Jiménez Estrada Ismael

¹Licenciatura en Matemáticas Aplicadas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. ²Centro de Investigación en Matemáticas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. ³Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias, CINVESTAV-IPN.



INTRODUCCIÓN

Las fibras musculares pueden clasificarse por el grado de actividad de la enzima ATPasa a pH básico o la NADH-TR en glucolíticas y oxidativas de acuerdo a su metabolismo.

Se desconoce si la distribución de los distintos tipos de fibras musculares siguen un patrón de comportamiento particular o aleatorio.

El objetivo del siguiente trabajo, a través del método de correlación integral determinar si las fibras musculares tienen un comportamiento fractal o no; así como ver su distribución.

¿Qué es el método de correlación integral?

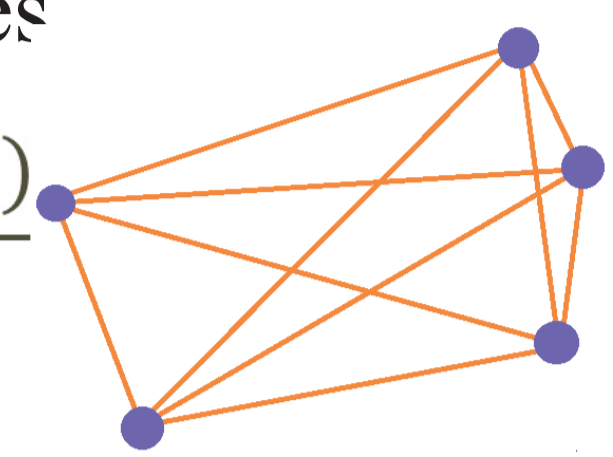
$R_{i,k}$ = Distancia del centro de gravedad de cada fibra

$$R_{i,k} = \sqrt{(X_i - X_k)^2 + (Y_i - Y_k)^2}$$

N = Objetos

N_c = Combinaciones posibles

$$N_c = \frac{N(N-1)}{2}$$



N_r = Número de objetos pareados separados por distancias $R < r$

$C(r)$ = Correlación Integral

$$C(r) = \frac{N_r}{N_c}$$

MÉTODO

1.- Con la ubicación de las fibras musculares, la posición espacio-anatómica de cada una de las imágenes histológicas se grafica de manera binaria.

2.- Posteriormente se introduce al programa Fractalyse® donde se realiza un análisis de correlación integral.

3.- Se interpretan los resultados con la función de distribución.

4.- Se determina si tiene un patrón fractal o no.

5.- Análisis con funciones de distribución.

1 De imágenes histológicas a binarias

Paso 1: Imagen

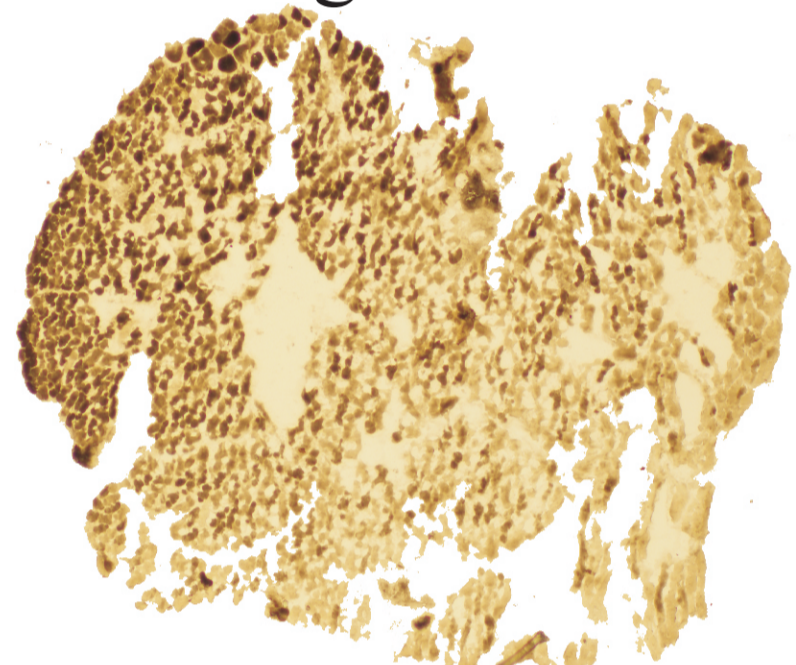


Imagen histoquímica ATP del Fascículo 3 del músculo EDL de la rata.

Paso 2: Conteo de fibras

	A	B	C
1	X	Y	Dim
2	1144	655	4088
3	1186	598	4248
4	1241	742	
5	1131	735	
6	1055	784	
7	982	855	
8	1041	887	
9	911	963	
10	866	884	
11	822	848	
12	827	807	
13	773	902	
14	738	1081	
15	790	1010	
16	839	1006	
17	863	1047	
18	974	1031	

Conteo y coordenadas (X,Y) de las fibras identificadas como del tipo rápido en la imagen histológica del fascículo 3 del EDL de la rata.

Paso 3: Imagen binaria

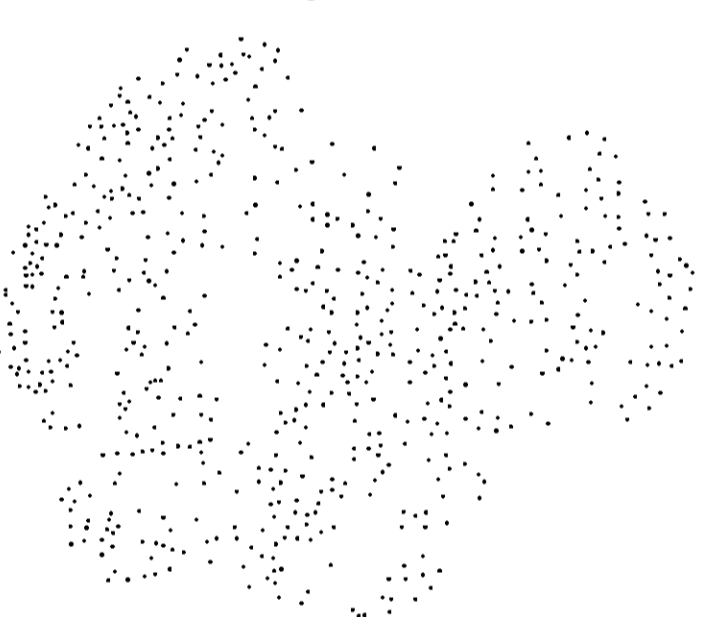
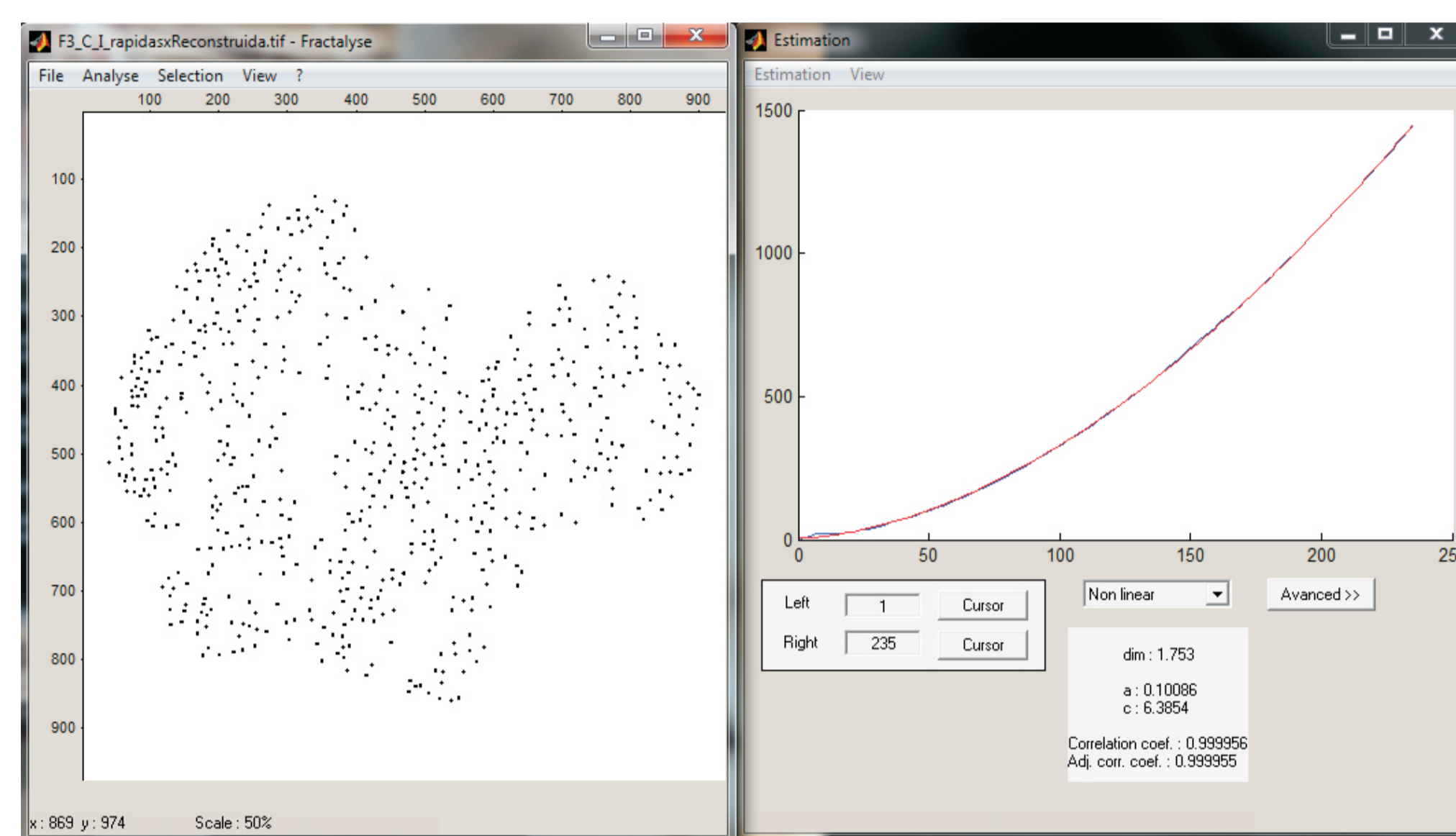


Imagen binaria de la posición de las fibras rápidas en el fascículo 3 del EDL de la rata.

2 En Fractalyse®



Uso del Software Fractalyse con el análisis de correlación integral.

Función de la recta: $y = ax^D + c$

Si es una estructura fractal $a=1$

Fractalidad no comprobada: $a < 0.1$ ó $a > 4$

c = Constante que determina la distancia al origen

D = Dimensión Fractal

3 Análisis

	Rápidas
Dimensión	1,753
$0.1 < a < 4$	0,10086
c = Distancia al origen	6,3854
Coefficiente de correlación	0,999956

Puesto que el coeficiente de correlación es cercano a 1 la confiabilidad de la Dimensión Fractal es alta.

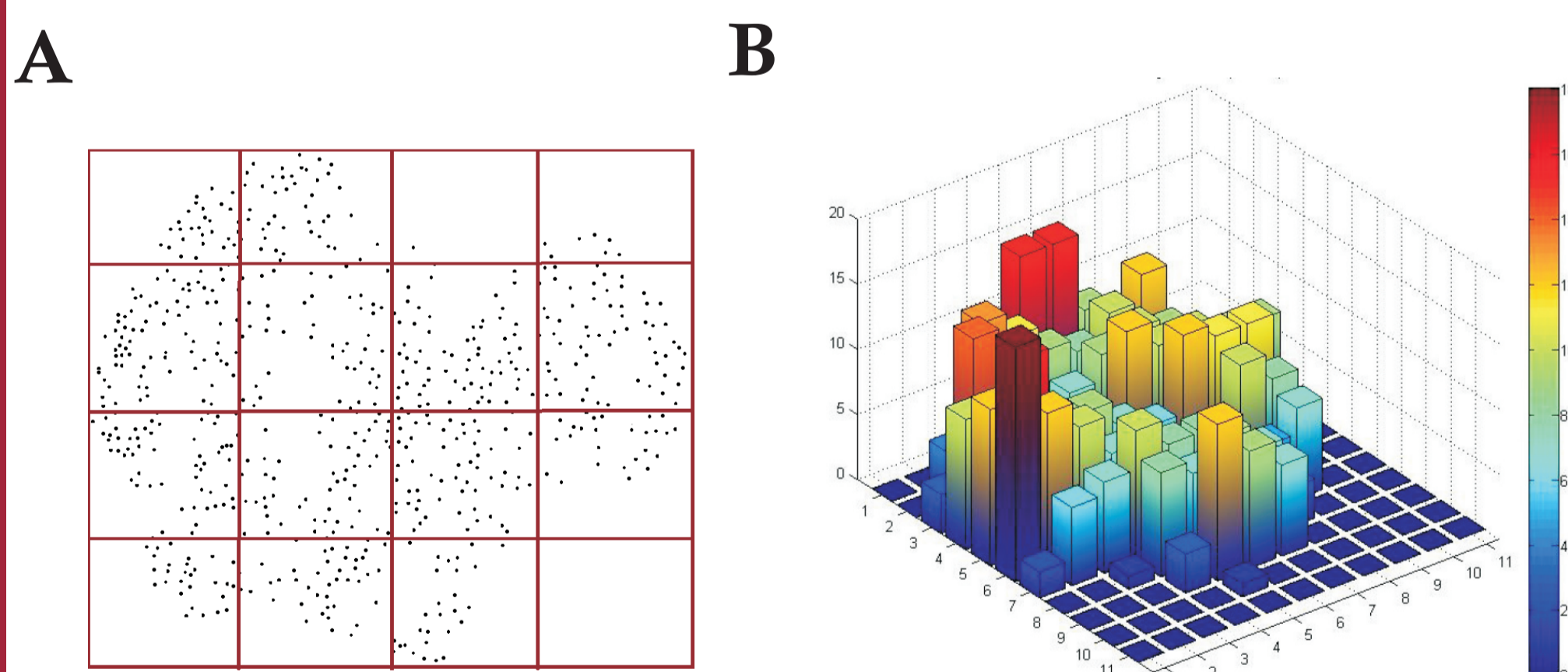
4 Fractalidad

Notemos que:

$$0.1 < a < 4$$

se puede establecer que el sistema tiene un comportamiento fractal.

5 Función de Distribución

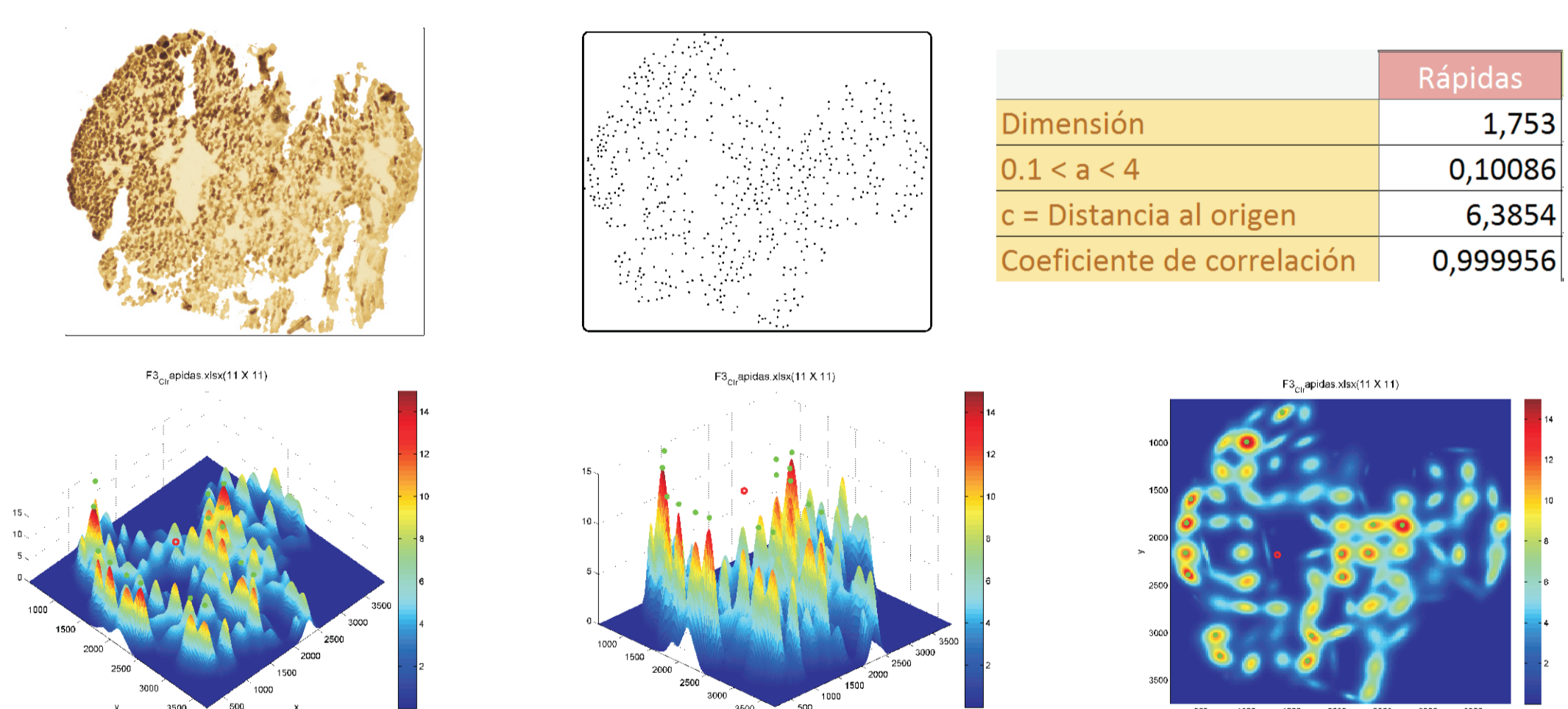


Las funciones de distribución son superposiciones lineales de funciones gaussianas de base radial.

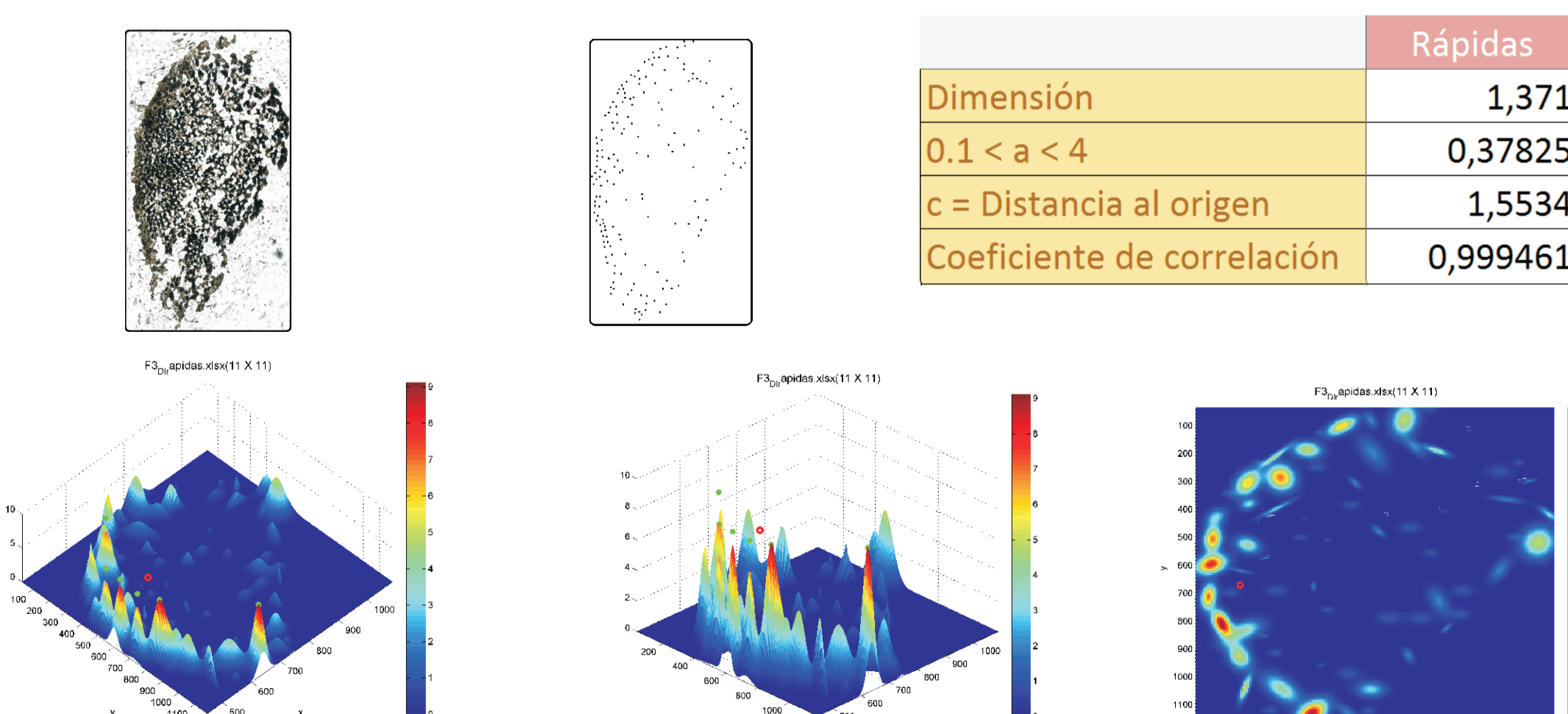
Cuyas propiedades permiten:
*Ajustar o reconstruir señales o funciones.
*Comparar datos.
*Determinar la estabilidad de puntos de equilibrio.
*Establecer que tan distintas son dos funciones de distribución.

Análisis de la distribución de fibras y el método de correlación integral

Rata Control

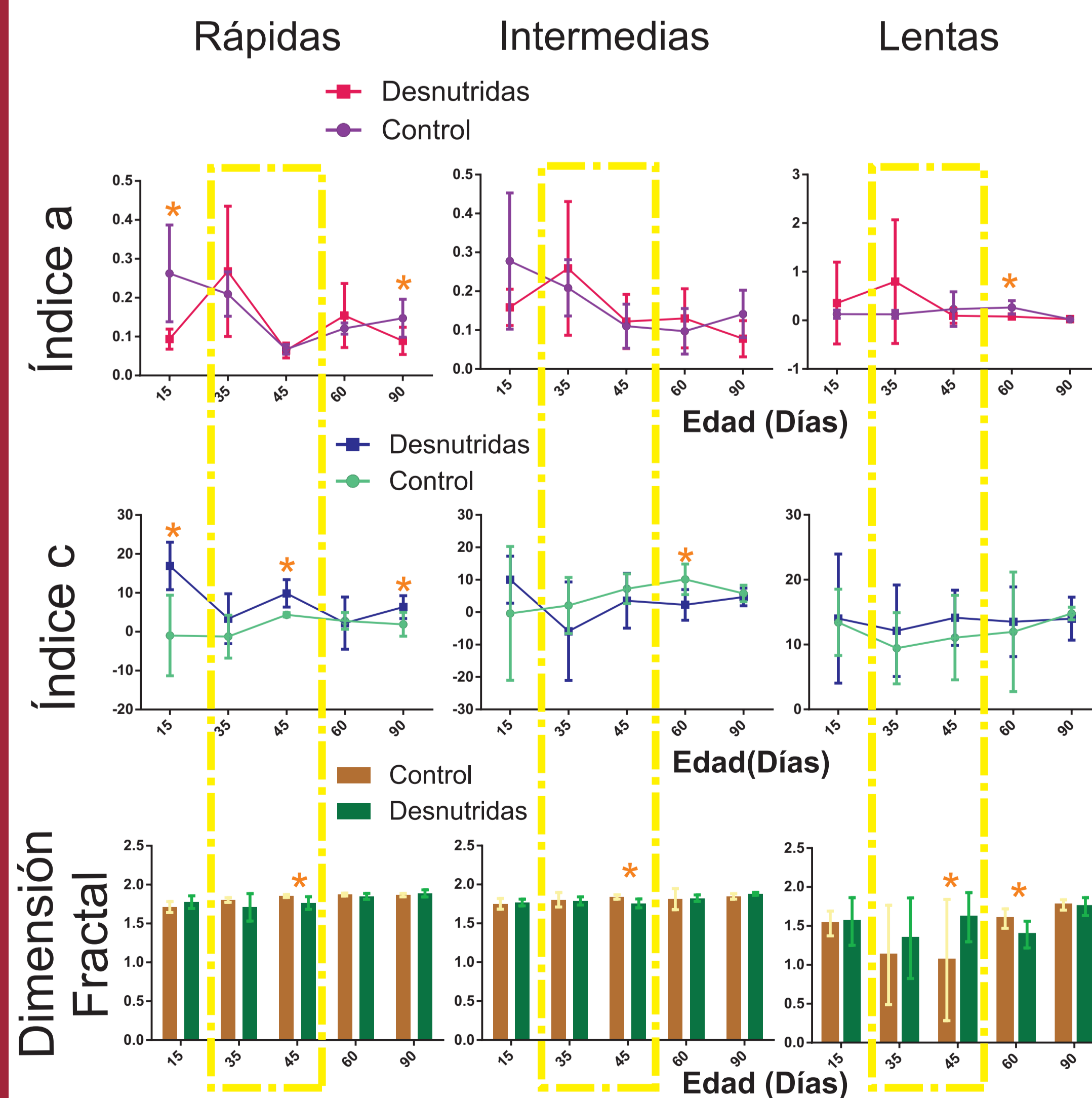


Rata Desnutrida



Aplicación del método de correlación integración fractal en músculos EDL de ratas

Prueba t * $p < 0.1$



CONCLUSIONES

- El método de correlación integral es efectivo para establecer la organización de los distintos tipos de fibras presentes en músculos esqueléticos.
- Las funciones de distribución indican qué patrón presentan las fibras musculares.
- El método desarrollado permite establecer que la desnutrición altera tanto la distribución fractal como la organización de los distintos tipos de fibras presentes en los músculos EDL de ratas en desarrollo posnatal

Agradecimientos

Estudio apoyado parcialmente por: CONACYT 265483 beca posdoctoral a KLG, SNI a ERT, KLG e IJE, donativo PROMEP-1006 a ERT y Premio Sofia Kovalévskaya a ER.