

# Análisis de dispersión de autovalores de electrogramas unipolares para la detección de fibrosis auricular

Jennifer Riccio<sup>1\*</sup>, Alejandro Alcaine<sup>1,2</sup>, Juan Pablo Martínez<sup>1</sup>, Pablo Laguna<sup>1</sup>

(1) Grupo BSiCoS, I3A, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España

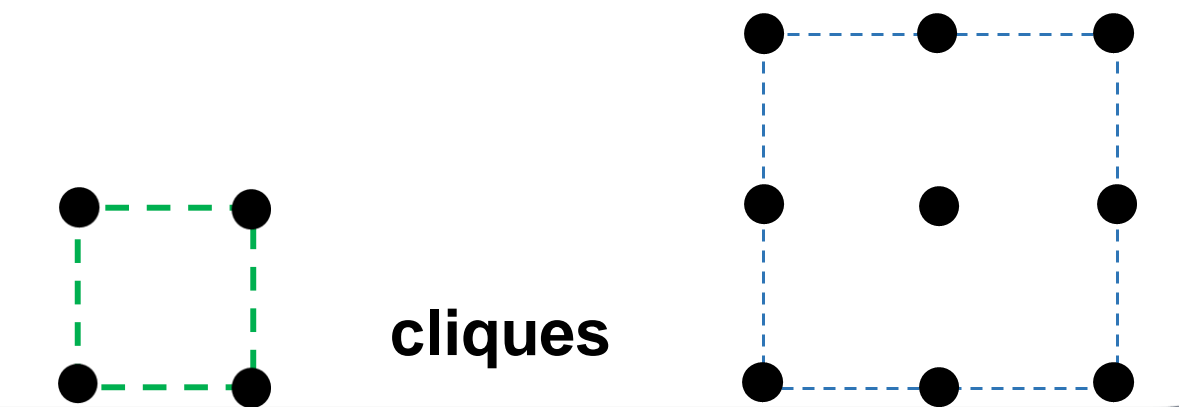
(2) Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad San Jorge, Zaragoza, España

## 1. Resumen

- La **fibrosis auricular** tiene un papel clave en la patogénesis de la fibrilación auricular y para el guiado de ablación con catéter
- Las áreas cuyos electrogramas bipolares (b-EGMs) tienen una amplitud pico a pico inferior a 0.5 mV se consideran fibróticas [1]
- Sin embargo, dicha amplitud depende de otros factores además de la fibrosis (p. ej. orientación del catéter, tamaño de los electrodos y distancia entre ellos) y no contiene información espaciotemporal de la señal

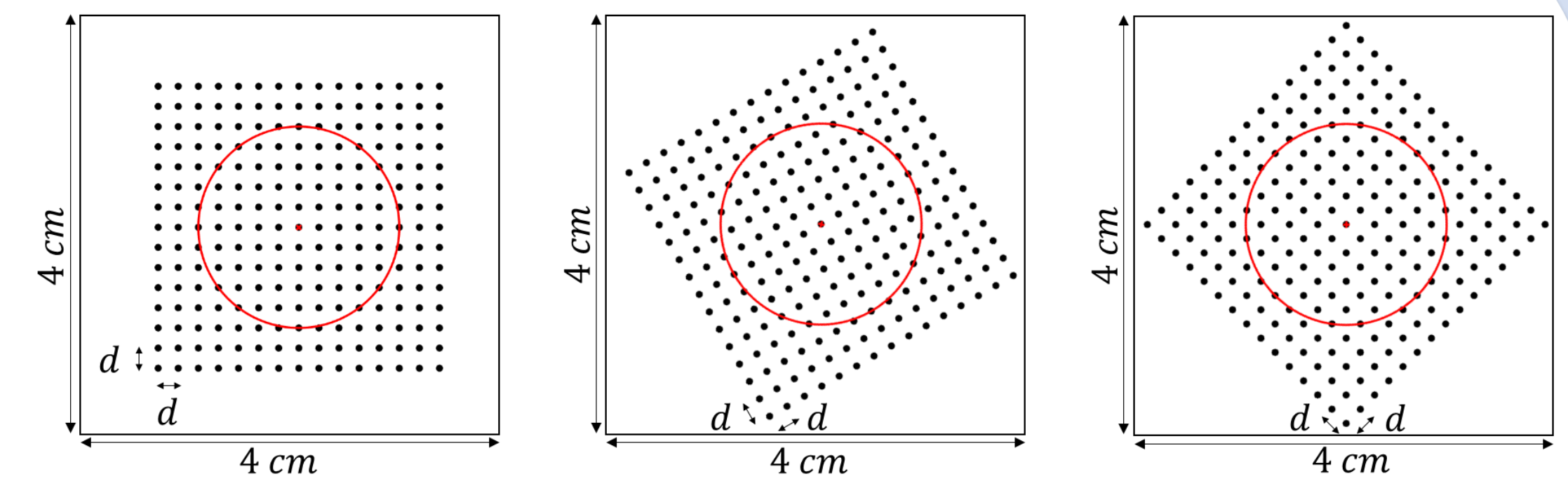
## 2. Objetivo

Hemos propuesto la **relación de autovalor dominante al resto (EIGDR)** de los electrogramas unipolares (u-EGMs) dentro de una *clique* de electrodos para superar estas limitaciones. Dicha relación puede interpretarse como una medida de dispersión de las formas de onda y en este trabajo se evalúa su correlación con la presencia de fibrosis



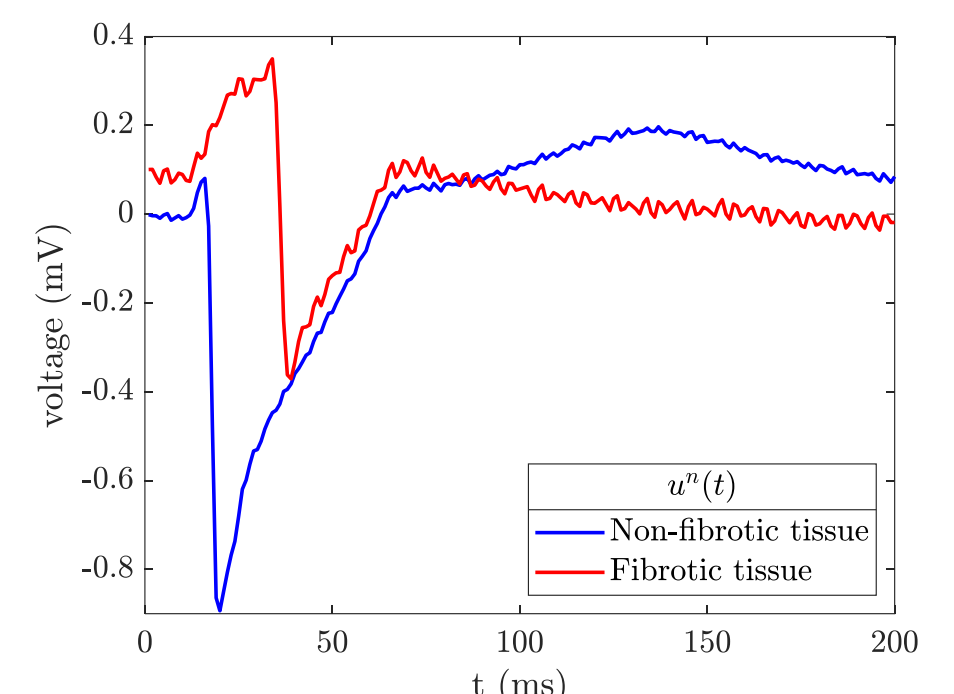
## 3. Materiales y Métodos

- u-EGMs calculados en una matriz de 15 × 15 electrodos procedentes de la simulación de un tejido auricular en 2D (modelo celular de Courtemanche [2]), con parche circular de fibrosis difusa (modelo de Maleckar para fibroblastos [3]) en el 20% de los nodos
- Cliques de tamaño 2 × 2 y 3 × 3 para procesar la matriz de electrodos en tres orientaciones diferentes (0°, 30°, 45°)
- Cien realizaciones distintas de ruido aleatorio (u-EGMs reales) para contaminar los u-EGMs simulados:  $u^n(t) = u(t) + w^n(t)$   $n \in \{1, \dots, 100\}$   $\sigma_w = 33 \mu V$  [4]
- Estimación de  $R = \frac{\lambda_1}{\sum_{k=2}^K \lambda_k}$  dentro de cada clique,  $K \in \{4, 9\}$ , y cálculo de las relaciones en la tabla (dentro de áreas fibróticas (F) y no fibróticas (NF) del tejido, utilizando (A) o no (NA) alineación temporal previa de los u-EGMs [5]):



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

FACULDADE DE MEDICINA LISBOA



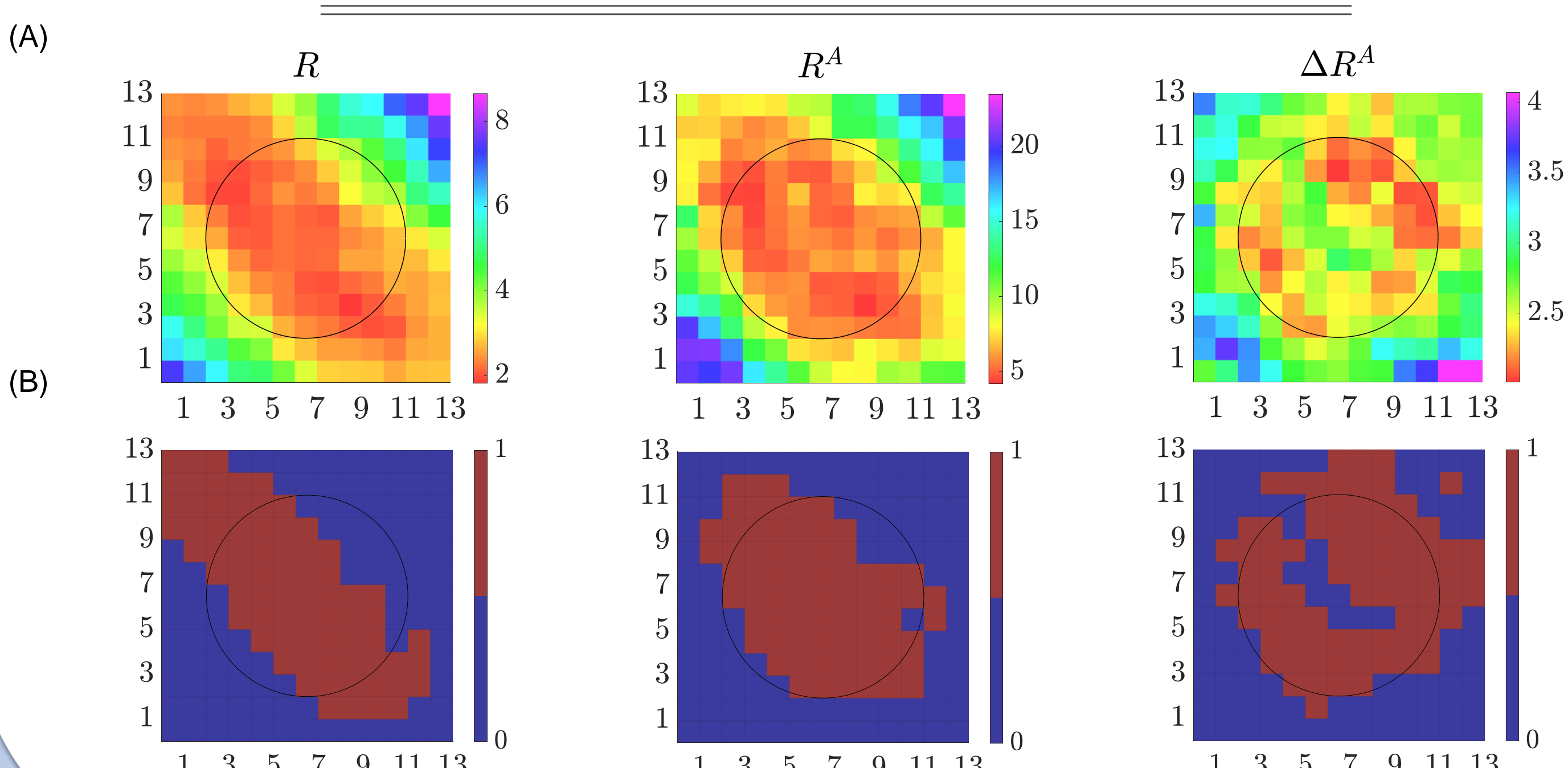
- Propuesta de  $R$ ,  $R^A$  y  $\Delta R^A = \frac{R^A}{R^F}$  como marcadores de fibrosis [6]
- Creación de cien mapas diferentes para cada marcador propuesto y evaluación de su máxima *precisión (ACC)* en la detección de la fibrosis
- Evaluación de los mapas de voltaje pico a pico de los b-EGMs en las dos direcciones de la matriz de electrodos ( $V^{b-x}$  y  $V^{b-y}$ ) y el máximo de las dos ( $V^{b-m}$ ) para comparar las prestaciones de los EIGDRs

u-EGM	model	$\lambda_k$	EIGDR
NA, NF	$x_k(n) = s(n - \tau_k) + v_k(n)$	$\lambda_k \approx \begin{cases} (E_s - \sigma_\theta^2 E_s)K/N + \sigma_v^2, & k=1; \\ \sigma_\theta^2 E_s K/N + \sigma_v^2, & k=2; \\ \sigma_v^2, & k=3, \dots, K, \end{cases}$	$R \approx \frac{E_s - \sigma_\theta^2 E_s}{\sigma_\theta^2 E_s + N\sigma_v^2}$
A, NF	$x_k(n) = s(n) + v_k(n)$	$\lambda_k \approx \begin{cases} E_s K/N + \sigma_v^2, & k=1; \\ \sigma_v^2, & k=2, \dots, K, \end{cases}$	$R^A \approx \frac{E_s}{N\sigma_v^2}$
NA, F	$x_k(n) = \alpha_k s(n - \tau_k) + f_k(n) + v_k(n)$	$\lambda_k \approx \begin{cases} (\bar{\alpha}^2 + \sigma_\alpha^2) (E_s - \beta^2 \sigma_\theta^2 E_s)K/N + \sigma_v^2 + \sigma_f^2, & k=1; \\ (\bar{\alpha}^2 + \sigma_\alpha^2) \beta^2 \sigma_\theta^2 E_s K/N + \sigma_v^2 + \sigma_f^2, & k=2; \\ \sigma_v^2 + \sigma_f^2, & k=3, \dots, K \end{cases}$	$R_F \approx \frac{E_s - \beta^2 \sigma_\theta^2 E_s}{\beta^2 \sigma_\theta^2 E_s + \frac{N(\sigma_v^2 + \sigma_f^2)}{(\bar{\alpha}^2 + \sigma_\alpha^2)}}$
A, F	$x_k(n) = \alpha_k s(n) + f_k(n) + v_k(n)$	$\lambda_k \approx \begin{cases} (\bar{\alpha}^2 + \sigma_\alpha^2) E_s K/N + \sigma_v^2 + \sigma_f^2, & k=1; \\ \sigma_v^2 + \sigma_f^2, & k=2, \dots, K, \end{cases}$	$R_F^A \approx \frac{E_s}{N(\sigma_v^2 + \sigma_f^2) + (\bar{\alpha}^2 + \sigma_\alpha^2)}$

## 4. Resultados

Valores de ACC (valor promedio ± desviación estándar) de los marcadores EIGDRs y de los mapas de voltaje bipolar, considerando un mismo umbral para las tres orientaciones distintas

Clique	ACC		
	$R$	$R^A$	$\Delta R^A$
2×2	0.84±0.01	0.88±0.01	0.80±0.02
3×3	0.87±0.02	0.95±0.02	0.88±0.02
	$V^{b-x}$	$V^{b-y}$	$V^{b-m}$
-	0.69±0	0.86±0.01	0.91±0.01



(A): Mapas de EIGDRs para cliques 3 × 3 y catéter a 45° para una realización de ruido  
(B) Mascaras de identificación con umbrales de máxima ACC

## 5. Conclusiones

- La EIGDR permite discriminar el tejido fibrótico del no fibrótico
- Las mejores prestaciones se obtienen cuando se realiza el alineamiento previo de los u-EGMs y se utiliza la configuración 3 × 3
- En estos casos, los marcadores EIGDRs muestran mejores prestaciones que los mapas de voltaje bipolar



Este proyecto ha recibido financiación del Programa de Investigación e Innovación de la Unión Europea "Horizon 2020", en el marco del Grant Agreement Marie Skłodowska-Curie No. 766082 (proyecto MY-ATRIA).

### Referencias

- [1] YAMAGUCHI, T. and FUKUI, A. and NODE, K. Bipolar voltage mapping for the evaluation of atrial substrate: can we overcome the challenge of directionality? J Atr Fibrillation. 2019, 11(5), 2116. [2] COURTEMANCHE, M. and RAMIREZ, R.J. and NATTEL, S. Ionic mechanisms underlying human atrial action potential properties: insights from a mathematical model. Am. J. Physiol. 1998, 275(1), H301-21. [3] MALECKAR, M.M. and GREENSTEIN, J.L. and GILES, W.R. and TRAYANOVA, N.A. Electronic coupling between human atrial myocytes and fibroblasts alters myocyte excitability and repolarization. Biophys. J. 2009, 97(8), 2179-2190. [4] UNGER, L.A. and OESTERLEIN, T.G. and LOEWE, A. and DÖSSEL, O. Noise Quantification and Noise Reduction for Unipolar and Bipolar Electrograms. 2019 Computing in Cardiology 2019, 46, 1-4. [5] LAGUNA, P. and GARDE, A. and GIRALDO, B.F. and MESTE, O. and JANÉ, R. and SÖRNMO, L. Eigenvalue-based time delay estimation of repetitive biomedical signals. Digital Signal Processing 2018, 75, 107-119. [6] RICCIO, J. and ROCHER, S. and MARTINEZ-MATEU, L. and ALCÁINE, A. and SÁIZ, J. and MARTÍNEZ, J.P. and LAGUNA, P. Unipolar electrogram eigenvalue distribution analysis for the identification of atrial fibrosis, 2020 Computing in Cardiology 2020, 47, 1-4.