

# Dimensión Fractal, como detector de problemas cardiovasculares

Liliana Carolina Saus Olvera

22 de Noviembre del 2018

**L**a dimensión fractal de Higuchi, un algoritmo no lineal, ha sido herramienta en el análisis de diversas señales biológicas. El objetivo es proporcionar una revisión de la dimension fractal aplicada a los electrocardiogramas. El proceso de revisión demuestra que en pacientes con problemas cardíacos difiere su dimension fractal.

## 1. Introducción

Las enfermedades cardiovasculares son anomalías en el corazón, algunas de ellas son; hipertensión arterial, insuficiencia cardíaca y arritmias. La motivación principal de este estudio es que es la primera causa de defunción en todo el mundo. Se calculó que en 2012 murieron 17,5 millones de personas por enfermedades cardiovasculares, lo cual representa el 30 % de las defunciones registradas en el mundo por la OMS (Organización Mundial de la Salud). Se estima que para el año 2020, las muertes a causa de las enfermedades cardiovasculares aumentarán en 15 a 20 %.

El estudio realizado corresponde al calculo de la dimension fractal, en donde en primer instancia se define fractal como un objeto, el cual su estructura se repite en diferentes escalas. Ahora se puede referir a la dimension fractal a como el objeto llena al espacio en el que se encuentra.

## 2. Metodología

Se usó el método propuesto por Higuchi en 1988[2]. La dimensión fractal de Higuchi es una medida no lineal de las curvas en función del tiempo. Las señales pueden ser analizadas como series de tiempo  $x(1), x(2), \dots, x(N)$ . Partiendo de la secuencia de tiempo inicial, se calcula una nueva serie de tiempo  $X_k^m$ :

$$X_k^m = x(m), x(m+k), x(m+2k), \dots, x\left(m + \left\lfloor \frac{N-k}{k} \right\rfloor k\right)$$

donde  $m = 1, 2, \dots, k$  es el tiempo inicial;  $k = 1, \dots, k_{max}$  es el intervalo de tiempo;  $k_{max}$  es un parámetro libre. La longitud de la curva  $L_m(k)$  se calcula para cada serie de tiempo  $k$  ó la curva  $X_k^m$ ,

$$L_m(k) = \frac{1}{k} \left[ \left( \sum_{i=1}^{\left\lfloor \frac{N-k}{k} \right\rfloor} |x(m+ik) - x(m+(i-1)k)| \right) \frac{N-1}{\left\lfloor \frac{N-k}{k} \right\rfloor k} \right]$$

donde  $N$  es la longitud de la serie de tiempo original  $X$  y  $(N-1)/(\left\lfloor (N-m)/k \right\rfloor k)$  es un factor de normalización.  $L_m(k)$  se promedia para todas las  $m$  dependiendo del valor de la media de la longitud de la curva  $L(k)$ , para toda  $k = 1, \dots, k_{max}$ , de acuerdo a:

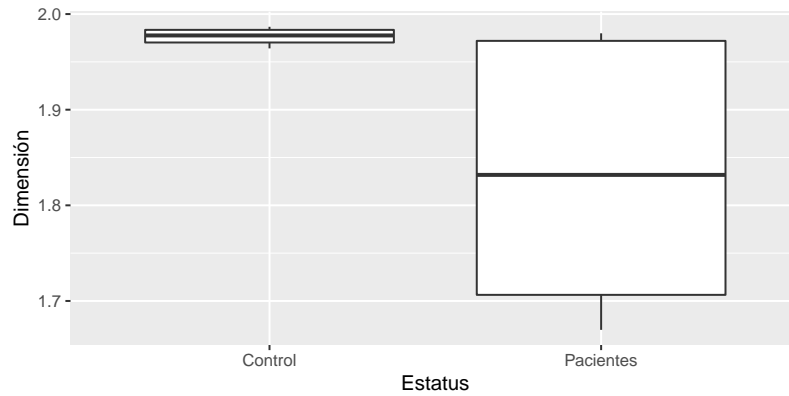
$$L(k) = \frac{\sum_{m=1}^k L_m(k)}{k}.$$

Se obtiene un arreglo de valores promedios  $L(k)$  y la dimensión fractal de Higuchi es estimada como la mejor pendiente del mejor ajuste lineal de mínimos cuadrados entre  $\ln(L(k))$  y  $\ln(1/k)$ .

### 3. Conclusiones

Se realizó electrocardiogramas a dos grupos, el primer grupo es el grupo control , lo integran personas con ningún problema cardiovascular y el segundo grupo; pacientes con algún problema cardiovascular, sus edades son entre 23 y 89 años.

Los resultados arrojan que la dimensión fractal para el grupo control es mayor que para las personas que tienen algún problema cardiovascular, como se puede observar en la figura 1.



**Figura 1:** *Dimensión fractal para grupo control y paciente.*

Se realizó prueba estadística la cuál indica que no hay diferencia significativa entre la dimensión fractal para el grupo control y para el grupo de pacientes, difiere apenas entre el 15 y 20 %.

## Referencias

- [1] HIGUCHI T. *Approach to an irregular time series on the basis of the fractal theory*. Physica D: Nonlinear Phenomena. North-Holland, Amsterdam, 1988
- [2] SCHAEFFER E. *R paralelo: simulación and análisis de datos*, 2018.  
<https://elisa.dyndns-web.com/teaching/com>.
- [3] FALCONER K. *The Geometry of fractal sets*  
Cambridge University Press, Cambridge, 1985.