



# Aplicación del exponente de Hurst a las series RR de sujetos sanos y pacientes congestivos en estado de sueño y vigilia



Amparo Salcedo Martínez<sup>1</sup>, Nancy Gabriela Pérez López<sup>2</sup>, Alejandro Muñoz Diosdado<sup>3</sup>, José Alberto Zamora Justo<sup>4</sup>  
Departamento de Ciencias Básicas, UPIBI-IPN, Ciudad de México, México.  
Email: <sup>1</sup>amparo-mtez@hotmail.com, <sup>2</sup>nancygpl@hotmail.com, <sup>3</sup>amunozdiosdado@gmail.com, <sup>4</sup>zamora.justo@outlook.com

## RESUMEN

El análisis del exponente de Hurst (H) es una de las técnicas utilizada para estudiar comportamientos de un sistema a lo largo del tiempo; en series de interlatido cardíaco nos permite analizar el grado de persistencia o antipersistencia. La propuesta de este trabajo es evaluar la precisión de la técnica, calculando la estimación del exponente H con dos métodos: la derivada discreta de segundo orden (DSOD) y la adaptación basada en Wavelet (WDSOD). El objetivo principal, es encontrar información sobre la dinámica de los latidos del corazón de sujetos sanos y pacientes congestivos, así como evaluar sus estados de sueño-vigilia respectivamente y poder determinar al menos cualitativamente el estado de salud de una persona.

## ❖ INTRODUCCIÓN

Las enfermedades cardíacas son una de las patologías de mayor importancia en la actualidad, siendo la principal causa de muerte en el mundo [1]. Las alteraciones del sueño entre los pacientes con Insuficiencia Cardíaca, influyen negativamente la calidad de vida [2]

Las series de interlatido cardíaco presentan variaciones apreciables, de tal manera que al usar la estimación del Exponente de Hurst [3], permite evaluar el ciclo de sueño-vigilia en sujetos sanos y pacientes con insuficiencia cardíaca en sus distintas clasificaciones NYHA [4], y con ello poder identificar el estado de salud.

## ❖ MÉTODO

Obtener las series RR de larga duración de sujetos sanos y pacientes congestivos de la base de datos de PhysioNet.

Separar las series anteriores por horas, y adquirir series RR de 6 horas correspondientes a la fase de vigilia y sueño respectivamente

Se analizan las series obtenidas mediante la estimación del Exponente de Hurst

## ➤ Base de datos (PhysioNet.)

### Series RR: Sujetos sanos y pacientes congestivos

- 54 registros de ECG a largo plazo de sujetos en ritmo sinusal normal (30 hombres, de 28.5 a 76 años, y 24 mujeres, de 58 a 73 años)
- 15 registros de ECG largo plazo de sujetos con insuficiencia cardíaca congestiva grave, 11 hombres, de 22 a 71 años y 4 mujeres, de 54 a 63 años (clases NYHA III-IV).
- 29 registros de ECG de largo plazo de sujetos con edades entre 34 a 79 años, con insuficiencia cardíaca (clases NYHA I, II, III).

## ➤ Estimación del exponente de Hurst

El análisis del exponente de Hurst [3], muestra el grado de persistencia o antipersistencia que tienen las series de tiempo que presentan dependencia de largo plazo.

El significado de los valores del exponente de Hurst:

- $0 < H < 0.5$ , corresponde a un comportamiento de anti-persistencia o anti-correlacional en series de tiempo.
- $H = 0.5$ , indica que la serie es aleatoria y corresponde a ruido blanco.
- $0.5 < H < 1$ , corresponde a la persistencia o muestra procesos correlacionados.

- Se utilizaron dos estimaciones para la obtención del valor del exponente de Hurst: **la derivada discreta de segundo orden (DSOD) [5] y la adaptación basada en Wavelet (WDSOD) [6]**. Estas son proporcionadas gracias a un comando de MATLAB, donde ambas estimaciones dan resultados consistentes.

## ❖ RESULTADOS

Las estimaciones anteriormente mencionadas (DSOD y WDSOD) dan resultados similares para todos los casos, como se muestra en la Figura 1. En este trabajo, se aplicó la derivada discreta de segundo orden, al no tener una limitación en el tamaño de datos.

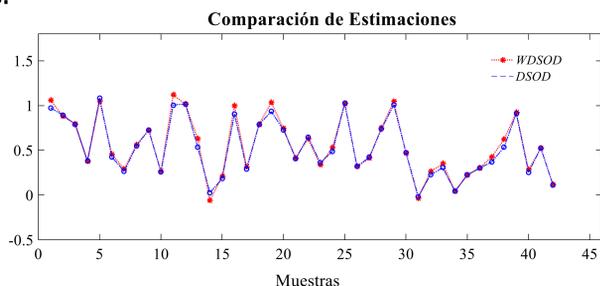


Figura 1. DSOD y WDSOD muestra resultados similares; El análisis es para 42 tacogramas de pacientes congestivos.

La Figura 2, muestra el análisis de tacogramas de larga duración obtenidos de sujetos sanos y pacientes congestivos según la clasificación NYHA, con la finalidad de observar la morfología de cada tacograma según el estado de salud de la persona. Se observa que el tiempo entre los latidos del corazón (intervalos RR) aumenta de acuerdo con la clasificación de la severidad de la insuficiencia cardíaca en comparación con un sujeto sano.

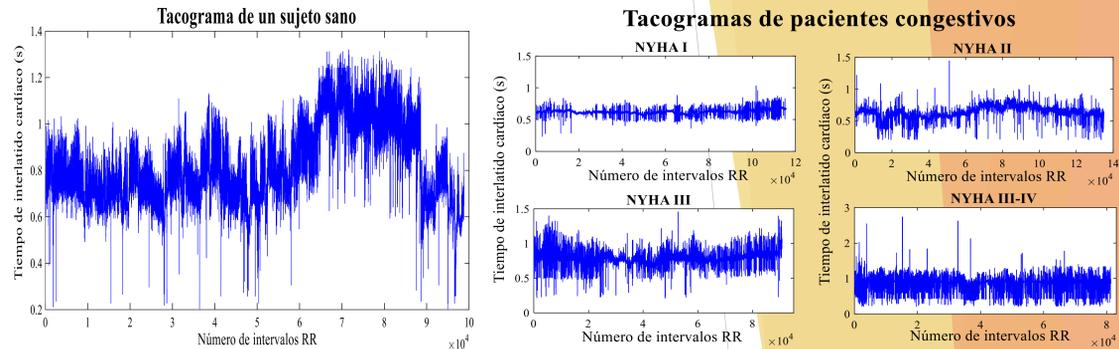


Figura 2. Tacogramas de larga duración correspondiente a un sujeto sano y a 4 pacientes congestivos según la clasificación NYHA.

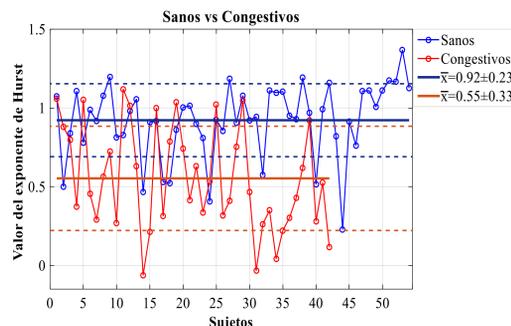


Figura 3. Valores del exponente de Hurst de sujetos sanos y pacientes con ICC según la base de PhysioNet.

En la figura 3, muestra las variaciones en los valores del exponente de Hurst según el estado de salud físico de cada sujeto; al realizar el análisis estadístico se encontraron diferencias significativas para ambos grupos de estudio. Los resultados indican persistencia en los tacogramas de sujetos sanos con un valor promedio del exponente de Hurst de  $0.92 \pm 0.23$ , lo contrario para pacientes congestivos, las series RR implican antipersistencia obteniendo valor promedio de  $0.55 \pm 0.33$ .

La aplicación de la estimación del exponente de Hurst en la serie RR de 6 horas de sujetos sanos y pacientes con ICC en las dos fases correspondientes (sueño y vigilia), se obtuvo que la diferencia entre los valores H es estadísticamente significativa cuando la persona se encuentra dormido y/o despierto (figuras 4 y 6). Para pacientes con ICC las series RR son totalmente antipersistentes en ambas fases con una mínima diferencia estadística (figura 7), todo lo contrario para los sujetos sanos donde las series muestran persistencia con una mayor diferencia estadísticamente significativa (figura 5).

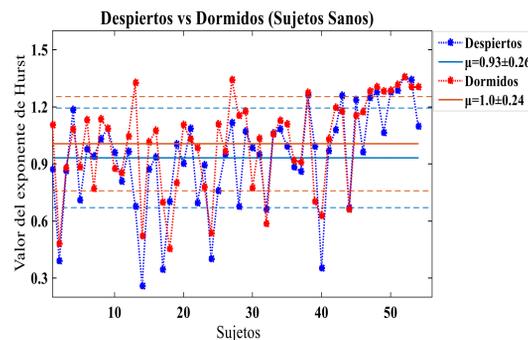


Figura 4. Valores del exponente de Hurst de 54 sujetos sanos en la fase de sueño y vigilia.

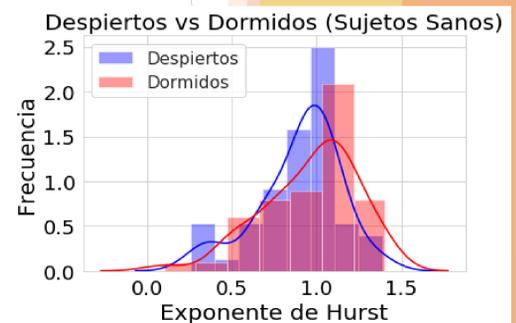


Figura 5. Histograma correspondiente a los valores H de la serie RR en la fase de sueño y vigilia de 54 sujetos sanos.

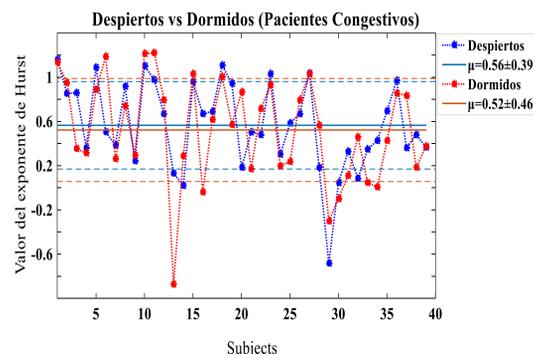


Figura 6. Valores del exponente de Hurst de 42 sujetos congestivos en la fase de sueño y vigilia.

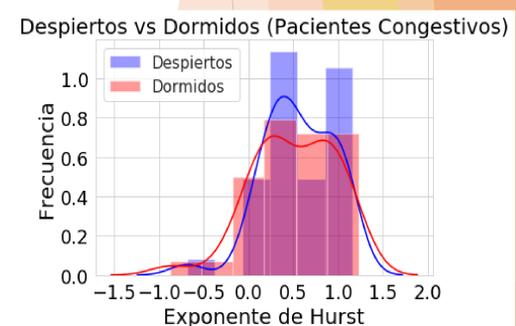


Figura 7. Histograma correspondiente a los valores H de la serie RR en la fase de sueño y vigilia de 42 pacientes congestivos.

## ❖ CONCLUSIONES

La estimación de la derivada discreta de segundo orden nos permite cuantificar la dinámica de las serie RR de acuerdo con el valor del exponente de Hurst. Por lo tanto, este método podría ser adecuado para el analizar el estado de salud de una persona; se demostró que para un sujeto sano las series RR muestran persistencia, todo lo contrario en pacientes con Insuficiencia Cardíaca, donde dichas series implican antipersistencia, del mismo modo en las fases de sueño y vigilia para ambos grupos de estudio.

Finalmente, los resultados sugieren que la aplicación de la estimación de Hurst nos permite demostrar que los pacientes con alguna enfermedad cardíaca no tienen alguna mejoría descansando y/o durmiendo, es decir, sus síntomas se mantienen tanto en vigilia como en la fase de sueño.

## ❖ BIBLIOGRAFÍA

- [1]. López Antonio y Macaya Carlos. (2009). Libro de la Salud Cardiovascular del Hospital Clínico San Carlos y la Fundación BBVA (capítulo 2). Bilbao: Fundación BBVA
- [2]. Santos MA, Cruz DALM, Barbosa RL. "Sleeping difficulties reported by patients with heart failure" Rev. Latino-Am. Enfermagem. 2012; 20(4).
- [3]. Hurst H. Long-term storage capacity of reservoirs. Transactions of the American Society of Civil Engineers, 116:770-808, 1951
- [4]. American Heart Association, "Heart disease and stroke statistics-2017 Update", Chapter 15, pp. 269, 2017.
- [5]. Istas, J.; G. Lang (1994), "Quadratic variations and estimation of the local Hölder index of a Gaussian process," Ann. Inst. Poincaré, 33, pp. 407-436.
- [6]. Flandrin, P. (1992), "Wavelet analysis and synthesis of fractional Brownian motion," IEEE Trans. on Inf. Th., 38, pp. 910-917.