

# Análisis direccional de la conectividad cerebral en aplicaciones de interfaces cerebro-computadora

Jorge Antonio Gaxiola Tirado, Rocio Salazar Varas y Dania Gutierrez Ruiz  
CINVESTAV, Unidad Monterrey

Cinvestav-Monterrey

## Resumen

En este trabajo se propone un método para el análisis y clasificación de señales de EEG basado en la coherencia parcial dirigida (PDC) y con ello utilizar esta información para comparar las redes emergentes entre diferentes tareas mentales para realizar la clasificación de señales de EEG. Una característica destacable es que se opera con un número reducido de electrodos, haciéndolo atractivo para aplicaciones de interfaces cerebro-computadora (ICC) en escenarios reales. La clasificación se lleva a cabo mediante la distancia de Mahalanobis, obteniendo un desempeño hasta un 90.18% de aciertos.

## Introducción

El análisis de la conectividad cerebral tiene como objetivo comprender la aparición de redes funcionales en el cerebro. Esta información puede utilizarse en el proceso de clasificación de señales de electroencefalografía (EEG) en aplicaciones de ICC [1]. Los cuales, proporcionan un canal de comunicación y control alternativo al motriz.

## Objetivo

Desarrollar un método de análisis, extracción de características y clasificación de señales de EEG basado en la PDC, enfocado al control de una BCI.

## Método propuesto

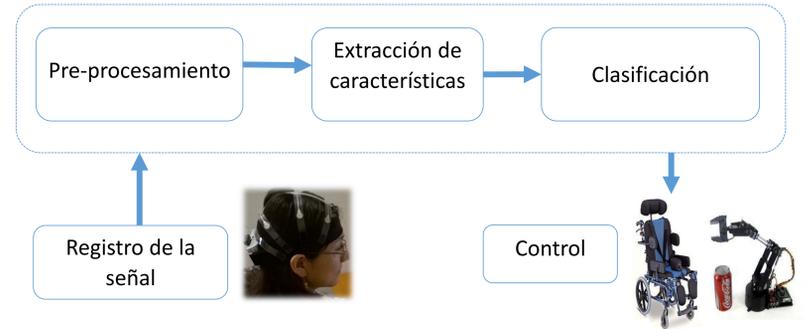
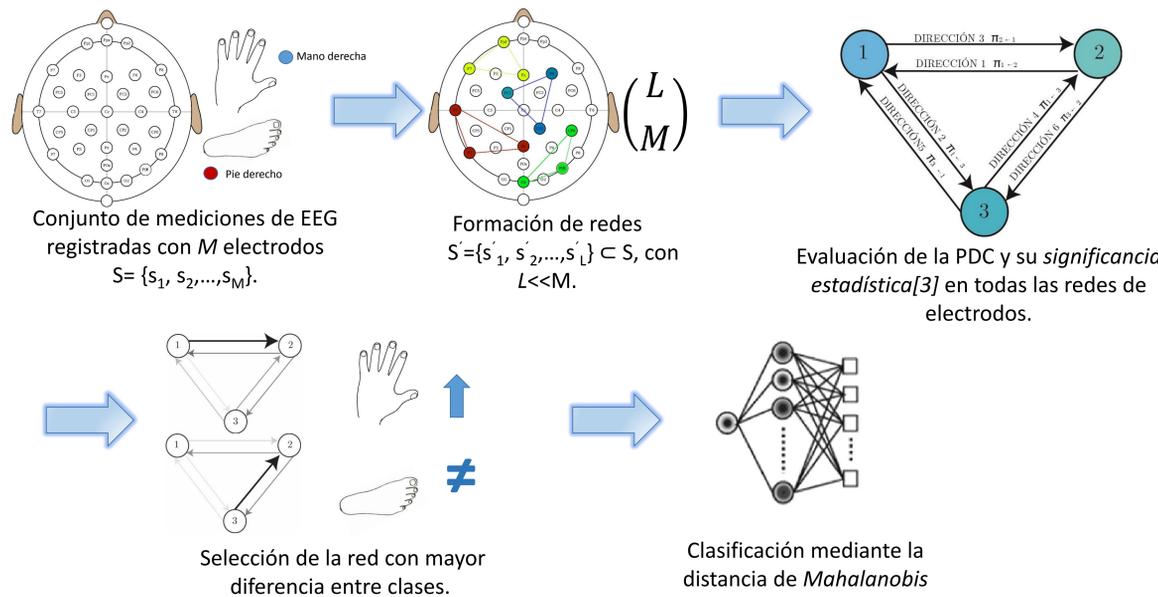


Figura 1: Esquema genérico de una ICC.

## Coherencia parcialmente dirigida

Las relaciones causales directas (conectividad) entre señales de EEG, tomadas de diferentes electrodos son evaluadas mediante la PDC[2], la cual es expresada matemáticamente como:

$$\pi_{i \leftarrow j} = \frac{\bar{a}_{ij}(f)}{\sqrt{\bar{a}_j(f) \bar{a}'_j(f)}}$$

Donde  $\bar{a}_{ij}$  es el  $i,j$ -ésimo elemento de la matriz  $\bar{A}(f) = I - A(f)$  y  $\bar{a}_j$  es la  $j$ -ésima columna.  $A(f)$  es la matriz que contiene los coeficientes del modelado autorregresivo multivariable de los datos trasladado al dominio de la frecuencia. Entonces,  $\pi_{i \leftarrow j}$  indica la influencia directa de la señal  $j$  en la señal  $i$ .

## Resultados

Mediante ejemplos numéricos demostramos la aplicabilidad del método propuesto utilizando una base de datos reales provenientes de la III competencia internacional de ICC. Las mediciones contienen registro de cinco sujetos sanos, denominados como *aa*, *al*, *av*, *aw* y *ay*. Imaginando el movimiento de la mano derecha (*clase 1*) y del pie derecho (*clase 2*).

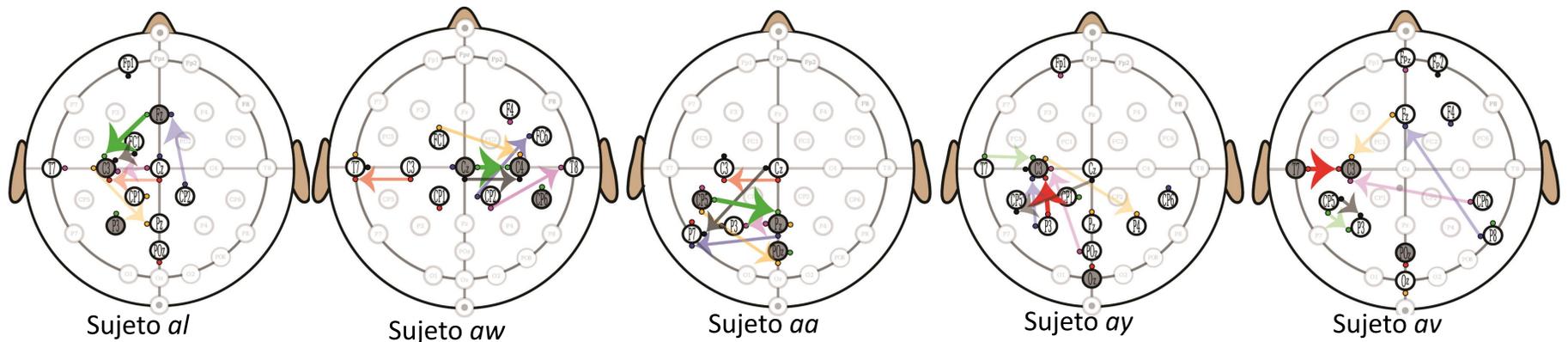


Figura 2: combinaciones que presentan mayor diferencia entre clases en cada una de las seis direcciones de interconexión para los cinco sujetos, cada color indica una dirección. Los electrodos pertenecientes a la combinación elegida para la clasificación son mostrados en gris y su respectiva dirección en negrita.

Sujeto	Frecuencia (Hz)	Eficiencia
<i>al</i>	12	90.28%
<i>aw</i>	13	81.46%
<i>aa</i>	15	78.35%
<i>ay</i>	12	73.45%
<i>av</i>	12	70.27%

Tabla 1: Resultados del proceso de clasificación.

## Conclusiones

- Se presentó un método de procesamiento, basado en la PDC, mediante el cual es posible elegir una red óptima de electrodos capaz de discriminar entre señales de EEG provenientes de dos diferentes estados mentales.
- El método presentado permite obtener tasas de clasificación superiores al umbral funcional para uso en BCI (70%) y comparables con las reportadas en la literatura, esto a pesar de que el método trabaja con tres electrodos.

## Contacto

Dra. Dania Gutiérrez Ruiz  
CINVESTAV MONTERREY  
Email: dgtz@ieee.org  
Sitio web: [www.gutierrezruiz.com](http://www.gutierrezruiz.com)  
Teléfono: +52 81 11561740 ext. 4513 y 4555

Web



Cartel



## Referencias

- R. Salazar-Varas and D. Gutiérrez. An Optimized Feature Selection and Classification Method for Using Electroencephalographic Coherence in Brain-Computer Interfaces. *Biomedical Signal Processing and Control*, 18:11-18, 2015.
- L. A. Baccalá and K. Sameshima. Partial directed coherence: a new concept in neural structure determination. *Biological cybernetics*, 84(6):463-474, 2001.
- Schelter, B., Winterhalder, M., Eichler, M., Peifer, M., Hellwig, B., Guschlbauer, B. & Timmer, J. (2006). Testing for directed influences among neural signals using partial directed coherence. *Journal of neuroscience methods*, 152(1), 210-219.