

Guía de Usuario: "A cerna da conciencia" – v1.5

¿Qué es esta aplicación?

"A cerna da conciencia" (El núcleo de la conciencia) es una herramienta de análisis avanzado para datos de EEG. No solo muestra gráficos básicos, sino que utiliza conceptos de la teoría del caos, análisis de redes y procesamiento de señales para explorar la dinámica cerebral subyacente a diferentes estados de conciencia. Te permite ir más allá de "qué frecuencias están activas" para preguntar "¿cuán compleja, predecible e integrada es la actividad cerebral?".

Paso 1: Inicio Rápido

1. **Subir Archivo EDF:** Haz clic en "1. Subir Archivo EDF" y selecciona tu archivo.
2. **Iniciar Análisis Principal:** Pulsa el botón "2. Iniciar Análisis". La aplicación realizará un pre-procesamiento automático:
 - Remuestreará todas las señales a una frecuencia estándar de 250 Hz para que los cálculos sean comparables.
 - Seleccionará hasta 16 canales con la mayor varianza (los más "activos") para un análisis eficiente.
 - Calculará un conjunto de métricas fundamentales para cada canal y banda de frecuencia.

Una vez finalizado, podrás explorar los resultados en las diferentes pestañas.

Paso 2: Exploración de Resultados por Pestañas

1. Pestaña: Ruido Rosa (Análisis 1/f)

- **¿Qué hace?** Mide el "equilibrio" auto-organizado del cerebro. Un cerebro sano no es ni totalmente predecible ni totalmente aleatorio; opera en un punto crítico intermedio, similar al "ruido rosa" (o $1/f$).
- **¿Cómo lo hace?** Calcula la pendiente del espectro de potencia en una escala logarítmica. Esta pendiente es el "exponente $1/f$ ".
- **¿Cómo interpretar los resultados?**
 - **Valores cercanos a 1.0:** Indican un sistema sano y equilibrado, típico de un estado de vigilia relajada.
 - **Valores < 0.9 (cerca de 0):** Se acerca al "ruido blanco". Sugiere una dinámica más aleatoria y desorganizada.
 - **Valores > 1.5 (cerca de 2):** Se acerca al "ruido marrón". Sugiere una dinámica demasiado predecible y poco flexible, a veces asociada a estados de baja conciencia o patologías.
 - Las barras rojas te alertan de los canales que se salen de este rango óptimo (0.9 - 1.5).

2. Pestaña: Vista por Canal

- **¿Qué hace?** Ofrece una visión detallada de un canal y una banda de frecuencia específicos que selecciones en el panel izquierdo.

- **¿Cómo lo hace?** Muestra la señal de voltaje en el tiempo (primeros 10 segundos) y su Densidad Espectral de Potencia (PSD), que indica qué frecuencias tienen más energía. También presenta una tabla con los valores numéricos de las métricas calculadas.
- **¿Cómo interpretar los resultados?**
 - **Gráfico de Señal:** Útil para una inspección visual de la forma de onda.
 - **Gráfico PSD:** Un pico en la banda alfa (~10 Hz) es típico de un estado de relajación con los ojos cerrados.
 - **Tabla de Métricas:** Te da los valores exactos de Dimensión Fractal, Lyapunov, etc., que se visualizan de forma comparativa en los heatmaps.

3. Pestaña: Conectividad (Heatmaps)

- **¿Qué hace?** Compara métricas clave entre todos los canales y bandas de frecuencia de un solo vistazo.
- **¿Cómo lo hace?** Crea un mapa de calor donde los ejes son los canales y las bandas, y el color representa el valor de la métrica.
- **¿Cómo interpretar los resultados?**
 - **Regla general:** Colores cálidos (amarillo) significan valores altos; colores fríos (púrpura/azul) significan valores bajos.
 - **Dimensión Fractal (Df):** Amarillo indica una señal más compleja y "rugosa", que ocupa más espacio.
 - **Exponente de Lyapunov (Lyap):** Amarillo indica una señal más caótica e impredecible (alta flexibilidad). Azul indica una señal más estable y predecible (foco alto).
 - **Potencia:** Amarillo indica alta energía en esa banda y canal.

4. Pestaña: Análisis de Atractores

- **¿Qué hace?** Visualiza la "forma" de la dinámica cerebral en un espacio tridimensional. Es como ver la estela que dejaría un sistema complejo si se moviera.
- **¿Cómo lo hace?** Utiliza una técnica llamada "incrustación por retardos" (Takens' embedding) para reconstruir el espacio de estados de la señal. La línea gruesa representa el "eje principal de la dinámica", mostrando la dirección en la que el sistema varía con más fuerza.
- **¿Cómo interpretar los resultados?**
 - **Atractor Simple (ej. un círculo o una línea):** Sugiere una dinámica muy predecible y poco compleja (ej. una convulsión o sueño profundo).
 - **Atractor Complejo (una "maraña" densa):** Sugiere una dinámica caótica y rica, típica de un estado de vigilia consciente.
 - Comparar los atractores de diferentes bandas te permite ver si la dinámica es similar o diferente en distintas frecuencias.

5. Pestaña: Métricas en el Tiempo

- **¿Qué hace?** Muestra cómo evolucionan la complejidad (Df), la predictibilidad (Lyapunov) y la compresibilidad (LZC) a lo largo del tiempo.
- **¿Cómo lo hace?** Divide la señal en pequeñas ventanas de tiempo superpuestas y calcula las métricas para cada una.
- **¿Cómo interpretar los resultados?**

- **Líneas estables:** Indican un estado cerebral mantenido.
- **Picos o valles abruptos:** Señalan cambios de estado, eventos neurológicos o artefactos. Por ejemplo, un pico repentino en Lyapunov podría indicar un momento de sorpresa o un cambio de foco mental.

6. Pestaña: GPS de la Conciencia

- **¿Qué hace?** Clasifica el estado funcional de cada canal de EEG en un mapa conceptual de 2D.
- **¿Cómo lo hace?**
 - **Eje X (Complejidad/Organización):** Combina la dimensión fractal y la entropía. Más a la derecha = más complejo y desorganizado.
 - **Eje Y (Flexibilidad/Foco):** Usa el exponente de Lyapunov. Más arriba = más flexible y cambiante (divagación). Más abajo = más rígido y predecible (foco).
- **¿Cómo interpretar los resultados?** Los cuatro cuadrantes representan arquetipos de estados mentales:
 - **I. Manía/Desorganización (Arriba-Derecha):** Alta complejidad, alta flexibilidad. Un estado caótico.
 - **II. Divagación/Creatividad (Arriba-Izquierda):** Baja complejidad, alta flexibilidad. Un estado de pensamiento asociativo y libre.
 - **III. Foco/Concentración (Abajo-Izquierda):** Baja complejidad, baja flexibilidad. Un estado mental ordenado y estable.
 - **IV. Rumiación/Obsesión (Abajo-Derecha):** Alta complejidad, baja flexibilidad. Un estado "atascado" en patrones de pensamiento complejos pero rígidos.

7. Pestaña: Análisis de Estabilidad

- **¿Qué hace?** Detecta en qué momento la dinámica fundamental del cerebro cambia. Es un detector de "puntos de cambio de estado".
- **¿Cómo lo hace?** Calcula el exponente de Lyapunov para ventanas de tiempo cada vez más largas.
- **¿Cómo interpretar los resultados?**
 - **Línea suave y convergente:** Indica que la dinámica es "estacionaria", es decir, sus reglas no cambian con el tiempo. El sistema es estable.
 - **Una ruptura, salto o cambio de pendiente brusco en la línea:** ¡Este es el punto clave! Sugiere que en ese preciso instante, las "reglas del juego" de la dinámica cerebral cambiaron. Es un marcador de una transición de estado significativa.

8. Pestaña: Vestigium Animae (La Huella del Alma)

- **¿Qué hace?** Es la joya de la corona. Visualiza la trayectoria del estado cerebral *global* a lo largo del tiempo en un espacio 3D.
- **¿Cómo lo hace?** Cada punto en el tiempo se mapea a un espacio definido por tres meta-métricas:
 - **Coherencia (Eje X):** El nivel de sincronización promedio (PLV en banda alfa) entre todos los canales. Mide la **integración** cerebral.
 - **Complejidad (Eje Y):** La variabilidad (desviación estándar) del exponente de Lyapunov entre los canales. Mide la **diferenciación** funcional.
 - **Estabilidad (Eje Z):** Mide cuánto ha cambiado el estado respecto al instante anterior. Mide la **inercia** del sistema.
- **¿Cómo interpretar los resultados?**

- **Trayectoria 3D:**
 - Una trayectoria **compacta** en una zona del cubo sugiere un estado mental estable y mantenido (ej. meditación, sueño profundo).
 - Una trayectoria **errática** que recorre un gran volumen del cubo sugiere un estado en transición, inestable o fragmentado (ej. despertar, confusión).
 - La escala de colores indica el paso del tiempo.
- **Mapa de Calor de Residencia (2D):** Muestra en qué combinación de "Coherencia" y "Complejidad" ha pasado el cerebro la mayor parte del tiempo. Las zonas amarillas son los "estados atractores" o estados dominantes del sistema.

9. Pestaña: Sincronización Inter-Banda

- **¿Qué hace?** Analiza cómo se comunican las diferentes bandas de frecuencia (delta, theta, alfa...) *dentro de un mismo canal*.
- **¿Cómo lo hace?** Calcula el Phase Locking Value (PLV, una medida de sincronía de fase) y el retardo temporal (Lag) entre cada par de bandas.
- **¿Cómo interpretar los resultados?**
 - **Heatmap PLV:** El color amarillo indica que dos bandas están fuertemente sincronizadas en fase. El gris indica que el cálculo falló.
 - **Heatmap Retardo:** El color indica qué banda lidera a la otra. Rojo = la banda en el eje X va primero. Azul = la banda en el eje Y va primero. Blanco = no hay retardo (sincronía a lag cero). Esto revela jerarquías de comunicación entre frecuencias.

10. Pestaña: Red Dinámica

- **¿Qué hace?** Muestra cómo evoluciona la estructura comunitaria de la red cerebral a lo largo del tiempo.
- **¿Cómo lo hace?** En ventanas de tiempo, construye una red donde los canales son nodos y el PLV son las conexiones. Luego, calcula la "modularidad", una medida de cuán claramente la red se divide en sub-comunidades o "módulos".
- **¿Cómo interpretar los resultados?**
 - **Modularidad Alta (> 0.5):** El cerebro opera en subsistemas funcionales relativamente separados. Es un estado de segregación funcional.
 - **Modularidad Baja (< 0.3):** El cerebro opera como un todo más unificado. Es un estado de integración global.
 - Observar los cambios en la modularidad a lo largo del tiempo revela cómo la red cerebral se reconfigura dinámicamente para adaptarse a diferentes tareas o estados.