
Representación en espacio-tiempo para identificar tipos de eventos epileptógenos de EEG

Ing. Noemi Luna Hernández

nlunah1000@alumno.ipn.mx

Dra. Laura Garay Jiménez

lgaray@ipn.mx

Dra. Blanca Tovar Corona

bltovar@ipn.mx

Instituto Politécnico Nacional

UPIITA

Abstract

The aim is to identify patterns that differentiate three graphoelements: Spikes, Slow Waves, and Spike-Slow Wave, characteristic of epileptic events. This, by statistical methods and the image processing method known as Gray Level Co-occurrence Matrix. Images sized 100x100 pixels are generated for the spatiotemporal analysis. When applying statistical calculations such as: mean square error, asymmetry, kurtosis coefficient, and entropy, as well as the GLCM method, the following was obtained: by the statistical method it was not possible to identify a pattern that could distinguish the morphologies. With the GLCM method, it was possible to identify some patterns by morphology, but the differences are very small, therefore it is not possible to differentiate the morphologies with the proposed methods.

Introducción

La epilepsia, de acuerdo a La Liga Internacional contra la Epilepsia (ILAE), “es un trastorno cerebral que se caracteriza por una predisposición crónica a crisis epilépticas y por las consecuencias neurobiológicas, cognitivas, psicológicas y sociales de esta enfermedad” [1]. Se puede clasificar por tipo de crisis, en crisis parcial y crisis generalizada. La crisis parcial inicia en una zona concreta del cerebro, y la generalizada afecta a toda la corteza cerebral. Un especialista (neurólogo, neurólogo cirujano o neurólogo pediatra) para diagnosticar la epilepsia, hace diferentes pruebas, como un examen neurológico, análisis de sangre, y el electroencefalograma (EEG) como técnica estándar. El EEG sirve para observar el funcionamiento eléctrico del cerebro. Se colocan electrodos en la corteza cerebral, se registran señales por cada electrodo y se analizan visualmente. Un registro en promedio dura 30 min y el especialista las analiza en secciones de 10 segundos. Las morfologías típicas de la epilepsia son las puntas, ondas lentas y puntas ondas lentas. En la Figura 1 se observan diferentes electroencefalogramas con las morfologías mencionadas anteriormente.

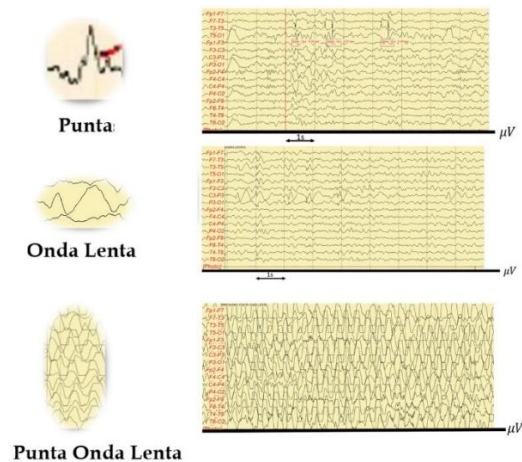


Figura 1. Morfologías típicas de la epilepsia.

Con el objetivo de generar una herramienta auxiliar en la detección de las morfologías, se está desarrollando un sistema que identifica patrones en un análisis espacio-temporal con cálculos estadísticos y el método de procesamiento de imágenes conocido como matriz de co-ocurrencia de nivel de grises, GLCM por sus siglas en inglés (Gray Level Co-occurrence Matrix).

MÉTRICAS ESTADÍSTICAS

Las métricas estadísticas utilizadas son: Error Cuadrático Medio, Asimetría, Coeficiente de Curtosis y Entropía [2]. Estas métricas permitirán visualizar los valores atípicos, la simetría de la distribución, la concentración de datos alrededor de la media y el equilibrio del sistema.

GLCM

La matriz GLCM caracteriza la textura de una imagen calculando la frecuencia de los pares de píxeles que muestran valores específicos en combinación con medidas estadísticas [3], y se

pueden revelar ciertas propiedades sobre la distribución espacial de los niveles de grises en la imagen.

Para crear la matriz GLCM primero se debe decidir en qué ángulo de desplazamiento se quiere analizar. Existen cuatro, como se muestra en la Figura 2.

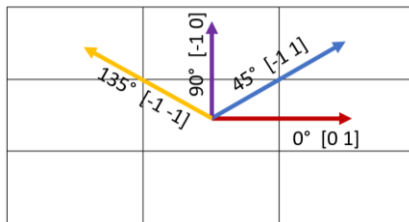


Figura 2. Desplazamientos.

Después, se identifica la frecuencia de aparición de la combinación de filas y columnas en la imagen. Por ejemplo, en la Figura 3 se observa que en la primera fila y primera columna de la matriz GLCM se coloca 1 porque busca la frecuencia de aparición de [1 1] en toda la imagen. En este caso se ve en el óvalo de color rojo que solo se repite una vez, por eso se coloca 1. Si se observa la frecuencia de aparición de la primera fila, segunda columna, los óvalos de color azul muestran la cantidad que hay, en este caso solo se repiten dos veces.

La Figura 4, muestra un ejemplo donde se crea la matriz GLCM con los diferentes ángulos de deslizamiento y un análisis a 8,16, y 32 bits.

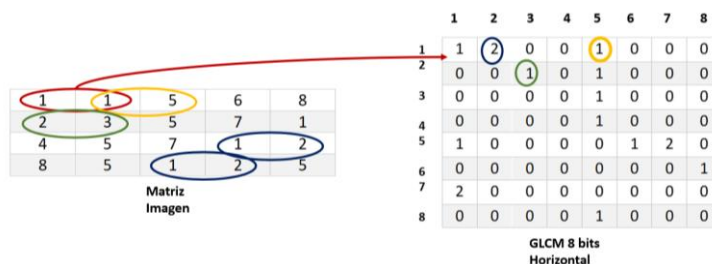


Figura 3. Creación de la matriz GLCM

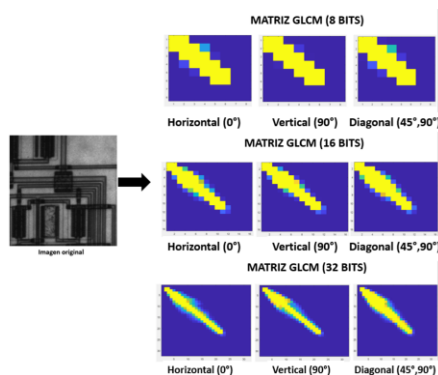


Figura 4. Ejemplo de creación de la matriz GLCM

Teniendo creada la matriz GLCM, se puede calcular algunas propiedades estadísticas de la imagen. En la Tabla 1 se muestra una descripción de cada propiedad.

Tabla 1. Propiedades estadísticas

Contraste	Intensidad entre un píxel y su vecino en toda la imagen. El contraste es 0 para una imagen constante.	$Contraste = \sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j} (i - j)^2$
Correlación	Medida de cuán correlacionado está un píxel con su vecino en toda la imagen. Rango de [-1 1]. La correlación es 1 o -1 para una imagen perfectamente correlacionada positiva o negativamente.	$Correlacion = \sum_{i,j=0}^{N-1} \frac{(i - \mu_i)(j - \mu_j)}{\sqrt{\sigma_i \sigma_j}}$
Energía	Uniformidad de energía y segundo momento angular. Devuelve la suma de los elementos al cuadrado en el GLCM. Rango de [0 1] ; La energía es 1 para una imagen constante.	$Energia: \sum_{i,j}^{N=1} p(i, j)^2$
Homogeneidad	Proximidad de la distribución de elementos en el GLCM a la diagonal del GLCM. Rango de [0 1]; La homogeneidad es 1 para un GLCM diagonal.	$Homogeniedad = \sum_{i,j=0}^{N-1} \frac{P_{i,j}}{1 + (i - j)}$

METODOLOGÍA

Para caracterizar las morfologías características de la epilepsia, se realizó un análisis espacio-temporal, generando matrices cuadradas de 100 muestras, que representan 10 segundos por cada arreglo bipolar de los electrodos. Se aplicaron los métodos estadísticos y se generó la matriz GLCM.

1.- SELECCIONAR LOS REGISTROS EEG

1.1.-Se seleccionaron 12 registros de pacientes diagnosticados con epilepsia de la base de datos del Laboratorio de Instrumentación de Procesamiento de Señales (LIPS), de los cuales 4 registros son con crisis generalizadas y 8 con crisis parcial.

1.2.-Cada registro utilizó montajes bipolares (registra la diferencia de voltaje entre dos electrodos colocados en áreas de actividad cerebral) con 16 canales. En la Figura 5 se muestran los canales correspondientes al sistema estándar 10/20 y el montaje bipolar.

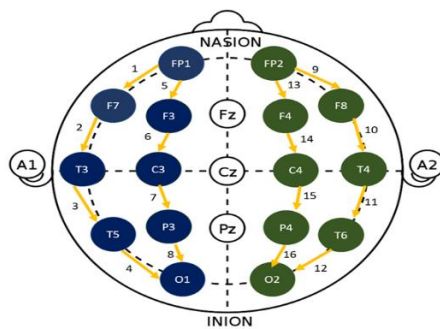


Figura 5. Posiciones estándar del sistema 10/20 y montaje bipolar

2.-SELECCIÓN DE EVENTOS

2.1.- Se visualizaron los registros en el programa TWinLOOK® para seleccionar los rangos donde se visualizan las 3 morfologías (punta, onda lenta y punta onda lenta) en un tiempo de 3 segundos consecutivos. Con apoyo de un neurólogo pediatra se identificaron las morfologías en los registros. Se seleccionaron 5 registros de pacientes con epilepsia por morfología de los 12 registros ya seleccionados. Por cada registro se seleccionaron 10 eventos.

3.-FORMACIÓN DE LAS MATRICES POR EVENTO

Se acomodaron los eventos con ayuda de un programa en MATLAB®, de tal forma que, en el eje vertical será el espacio que está representado por la posición de los electrodos, en montaje bipolar, quedando un total de 16 arreglos, tomando primero el hemisferio izquierdo (azul) y luego el hemisferio derecho (verde) sin considerar los canales centrales. El eje horizontal es el tiempo de 0.5 segundos representado en 100 muestras. Para que sea una matriz cuadrada, se agregaron 4 filas en la parte final con los valores del promedio de la matriz. En la Figura 6 se muestran tres matrices, una por cada morfología.

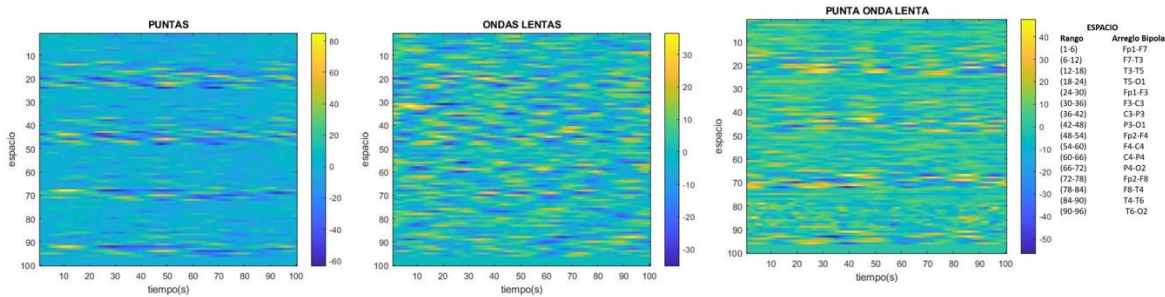


Figura 6. Matriz por morfologías

4.-ANÁLISIS DE RESULTADOS

Análisis Estadístico

En la Figura 7 se observa el comportamiento de las morfologías de acuerdo a cada métrica estadística. No se distingue alguna diferencia entre ellas. En la Figura 8 se ve el comportamiento

de las tendencias, se podría distinguir la onda lenta en las cuatro métricas, pero la diferencia entre las otras es muy pequeña por lo tanto con este método no se pueden diferenciar las morfologías.

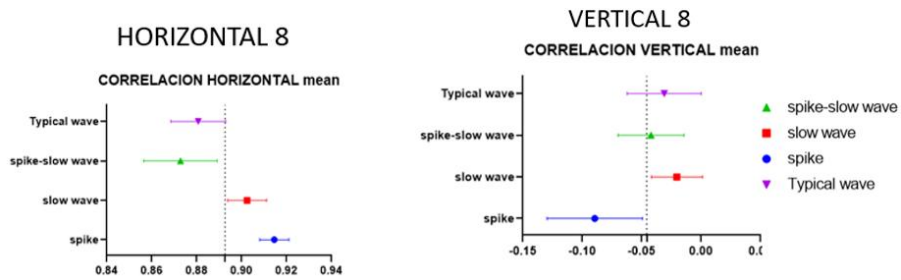


Figura 9. Patrones de la morfología puntas

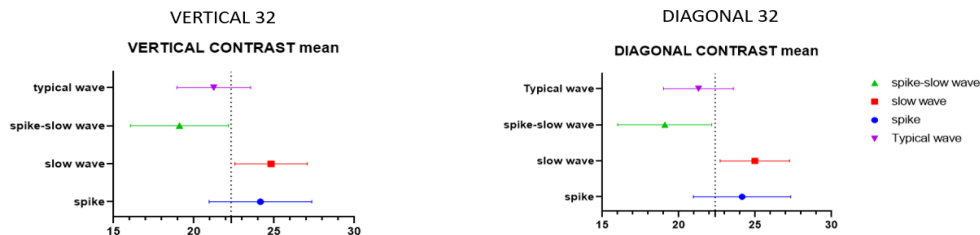


Figura 10. Patrones de la morfología ondas lentas

Con el análisis estadístico no se puede identificar algún patrón que pueda diferenciar las morfologías. Con el método de GLCM se encontraron patrones que pueden diferenciar las morfologías, pero no sería algo preciso ya que las diferencias entre ellas son muy pequeñas. Como trabajo a futuro se utilizará la transformada wavelet discreta bidimensional y una red neuronal convolucional (CNN) para identificar patrones que nos permitan distinguir las morfologías.

REFERENCIAS

- [1] Liga Internacional contra la Epilepsia, Buró Internacional de Epilepsia y Organización Mundial de la Salud, 2008. " INFORME SOBRE LA EPILEPSIA EN LATINOAMÉRICA". Panamá: AG Publicidad., pp.8-17.
- [2] D. Wackerly, W. Mendenhall y R. Scheaffer, Estadística Matemática con aplicaciones, 7a ed. GENGAGE LEARNING, 2008.
- [3] Gonzalez, R. C., R. E. Woods, and S. L. Eddins. Digital Image Processing Using MATLAB. New Jersey, Prentice Hall, 2003, Chapter 11.
- [4] Haralick, R.M., K. Shanmugan, and I. Dinstein, "Textural Features for Image Classification", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-3, 1973, pp. 610-621.
- [5] Haralick, R.M., and L.G. Shapiro. Computer and Robot Vision: Vol. 1, Addison-Wesley, 1992, p. 459