

## Capítulo 1 Introducción

### 1.1 Introducción

La detección anticipada de las convulsiones podría permitir que los pacientes con epilepsia o sus cuidadores tomen precauciones antes de que ocurra un evento epiléptico. La detección anticipada de convulsiones minimizaría drásticamente los riesgos potenciales y también ayudaría a los científicos a comprender mejor la conducta del cerebro epiléptico, lo que podría impactar en el desarrollo de una mejor acción de los mejores fármacos antiepilépticos. La detección efectiva de las convulsiones puede ayudar a los pacientes a mantener un mejor registro de las convulsiones sufridas, lo que a la vez puede ayudar a los médicos a desarrollar terapias más adecuadas. De igual manera, ser capaz de detectar convulsiones con anticipación, podría disminuir las dificultades en los tratamientos y generar estrategias a la medida para prevenir SUDEP\*(Definido en Glosario) (muerte repentina e inesperada en la epilepsia por sus siglas en inglés). Además, el desarrollo de predictores confiables de ataques epilépticos sería el núcleo de los sistemas de monitoreo, que actuarían para evitar que ocurra el ataque (Ramgopal et al., 2014).

### 1.2 Interfaz Cerebro computadora

Una interfaz cerebro computadora BCI (*Brain Computer Interface*) es un sistema de comunicación que permite el envío de información o comandos

provenientes del cerebro hacia la computadora sin el uso de nervios o músculos como normalmente se usaría. La BCI detecta patrones específicos en el comportamiento de las señales cerebrales y las traduce en comandos para controlar determinadas acciones de la computadora. El esquema general de una BCI se describe en la Figura 1.1

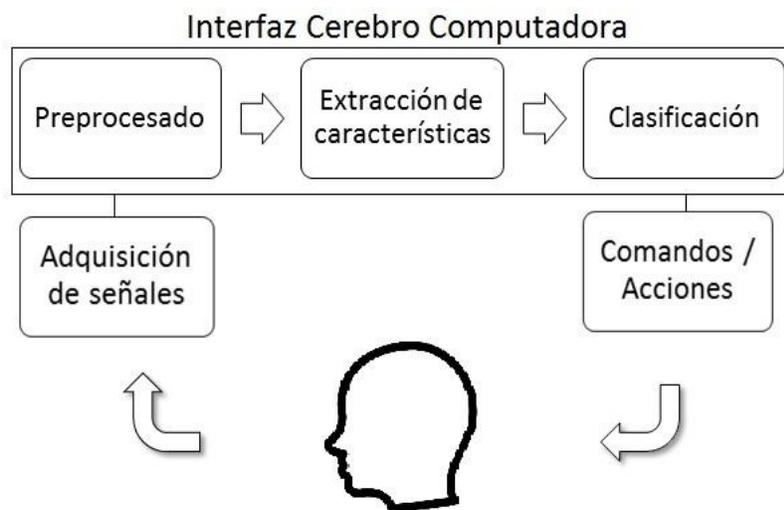


Figura 1.1 Esquema general de una BCI

Actualmente para las BCIs existen enfoques probados con alto índice de precisión en su desempeño, como lo detallan Al-ani, T., & Trad, D. (2010). Los métodos más usados para la extracción de características son: Potencia de bandas, (BP por sus siglas en inglés), Correlación cruzada entre las potencias de la banda EEG, Representación de frecuencias (FR por sus siglas en inglés), Representación tiempo-frecuencia (TFR por sus siglas en inglés), parámetros Hjorth, modelado paramétrico y método de modelo inverso.

Posterior a la extracción de características se seleccionan los rasgos más significativos con: algoritmos genéticos, análisis de componentes principales (PCA

por sus siglas en inglés) y cuantificación distintiva de vector de aprendizaje sensible (DSLVS por sus siglas en inglés). Y para su clasificación se emplean los métodos de análisis discriminante lineal (LDA por sus siglas en inglés), máquina de soporte vectorial (SVM por sus siglas en inglés), modelos ocultos de Márkov (HMM por sus siglas en inglés), bosque aleatorio (RF por sus siglas en inglés) y redes neuronales artificiales (ANN por sus siglas en inglés), el resultado obtenido es particular para cada una de las combinaciones de los métodos descritos, con alta precisión.

La propuesta de usar una red neuronal convolucional surge por su capacidad de manejar una dimensionalidad de datos superior a la de los métodos listados, esto resulta conveniente ya que las señales fNIRS constan de un número muy amplio de canales. Esto abre la posibilidad a un nuevo enfoque para clasificar señales cerebrales.

### 1.3 Señales fNIRS

La espectroscopía funcional de infrarrojo cercano (fNIRS por sus siglas en inglés) es una técnica óptica relativamente nueva para obtener información sobre la funcionalidad del cerebro (Obrig, 2014). Esta técnica consiste en proyectar al menos dos longitudes de onda de luz infrarroja cercana (650-1000nm) en el cuero cabelludo a través de un emisor y posteriormente medir dicha luz transmitida con algún detector (optodo\*). Derivado de la propiedad de la hemoglobina\* en la sangre, cuyo espectro de absorción es diferente dependiendo del nivel de oxigenación, la técnica fNIRS puede monitorear importantes parámetros fisiológicos como el nivel relativo de hemoglobina oxigenada (HbO) y la hemoglobina desoxigenada (HbR) de forma semicuantitativa o cuantitativa, que al mismo tiempo están estrechamente

relacionados con la actividad cerebral (Obrig, 2014; Pouliot et al., 2012). En general, fNIRS presenta tres ventajas (Wallois et al., 2010): (1) Los datos de HbT (hemoglobina total) reflejan indirectamente los cambios en el volumen de sangre local. (2) Se puede hacer próximo a la cama, con el paciente recostado y no requiere inmovilización. Además, diversos dispositivos portátiles se expusieron recientemente (Ferrari y Quaresima, 2012). (3) Presenta alta resolución temporal, como el EEG. No obstante, fNIRS tiene algunas desventajas (Wallois et al., 2010), como: (1) Su resolución espacial es baja, especialmente en profundidad. (2) Es sensible a ciertos movimientos, que pueden introducir artefactos. (3) La presencia de pelo representa un problema para su implementación, aunque la colocación cuidadosa de optodos puede mejorar el contacto óptico con el cuero cabelludo del sujeto. fNIRS se ha utilizado con resultados prometedores para estudiar diferentes enfermedades neurológicas, como accidentes y enfermedades cerebrovasculares\*, trastornos epilépticos, síndromes de cefalea idiopática\*, así como para obtener imágenes funcionales del cerebro enfermo (Obrig, 2014). No obstante, el uso de las grabaciones de fNIRS para la detección de ataques epilépticos automatizadas es un área de investigación nueva e inexplorada. Incluso cuando las grabaciones de fNIRS se han utilizado para estudiar otros aspectos de la epilepsia (Peng et al., 2014), las grabaciones de fNIRS aún no se han estudiado en profundidad como herramienta para la detección o predicción de ataques. (Guevara et al., 2014) es el primer trabajo reportado que usa grabaciones fNIRS para detectar de manera explícita ataques epilépticos en humanos. fNIRS no se incluye como parte del entrenamiento estándar de epileptólogos\*, siendo el EEG el estándar para la detección de ataques, por lo tanto, es difícil afirmar que las señales fNIRS pueden

confirmar visualmente las convulsiones. Los resultados de (Guevara et al., 2014), así como la discusión sobre (Obrig, 2014), respaldan la utilidad de las grabaciones de fNIRS para utilizar enfoques de aprendizaje automático para detectar ataques epilépticos.

Para la lectura de señales fNIRS se utilizan dispositivos similares a los EEG, con una configuración diferente a estos, esto se ve representado en la figura 1.2

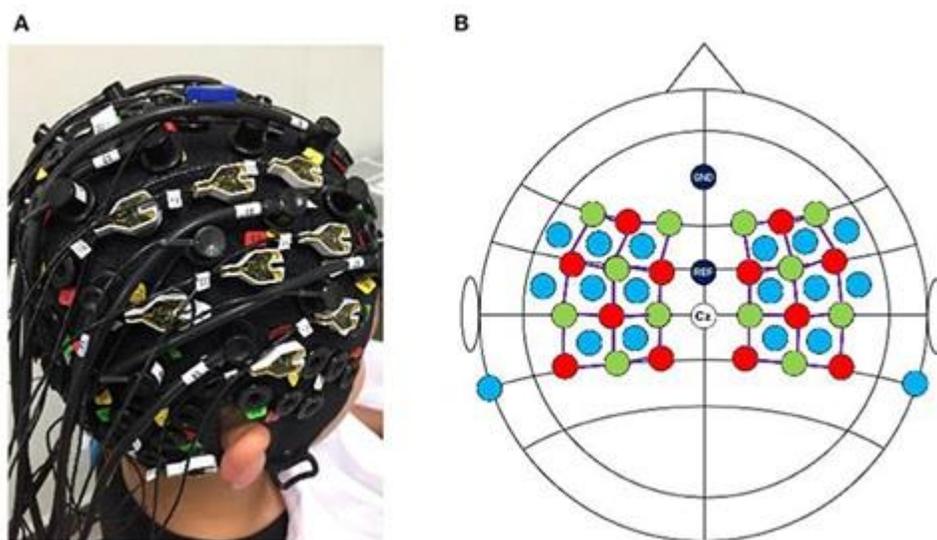


Figura 1.2 Configuración de emisores y receptores de sistema fNIRS Li, R., Potter, T., Huang, W., & Zhang, Y. (2017).

#### 1.4 Características de las señales

Como se establece en (Quaresima, V., Bisconti, S., & Ferrari, M. 2012) las fNIRS miden los cambios en la hemoglobina oxigenada (HbO) y desoxigenada (HbR) después de colocar múltiples fuentes y detectores sobre el cuero cabelludo humano. Los actuales sistemas portátiles fNIRS disponibles comercialmente tienen

una resolución temporal de 1-20 Hz, una sensibilidad de profundidad de aproximadamente 1,5 cm, una resolución espacial de aproximadamente 1 cm y los resultados obtenidos están expresados como porcentaje de variación de hemoglobina.

Para esta investigación la frecuencia de muestreo es de 19.53 Hz y la duración del muestreo, junto con la cantidad de canales utilizados, varía dependiendo del sujeto de prueba, estos datos se explican de manera más detallada en el capítulo 3.1

## 1.5 Fases de ataques epilépticos

Hay varias fases principales (o etapas) de convulsiones, muchas de los términos relacionados con las convulsiones incluyen ictal en ellas. Esto es porque las palabras mismas explican su relación con las convulsiones. Preictal es antes del ataque, ictal es durante la convulsión, interictal es entre convulsiones y postictal es después de la convulsión.

Preictal o Pródromo. Este es el momento antes de las convulsiones. Puede durar de minutos a días y hacer que las personas actúen y sientan de manera diferente. No todo el mundo experimenta algo en esta etapa del ataque. Algunas personas que experimentan una etapa preictal, la usan como una advertencia para que puedan prepararse para la convulsión. Por supuesto, a veces todo lo que genera es una sensación de malestar o inestabilidad por unas horas o un día previo

a la convulsión, mientras que no otorga indicios certeros de cuándo ocurrirá el ataque. Muchas de las personas tienen un aura antes de un ataque. Técnicamente, un aura es un simple ataque parcial. Vivencialmente, un aura podría hacer que el paciente vea, huelga, escuche o saboree algo sin ninguna razón. Eso incluso puede hacer sentir un poco de náusea, dar un poco de sensación rara en el estómago, causar un zumbido en los oídos, o incluso experimentar rareza o Déjà vu.

Ictal. Esta es la etapa del ataque. Durante este tiempo habrá cambios físicos, reales, en el cuerpo de la persona. Si la persona con epilepsia estuviera conectada a un dispositivo médico en este punto, que muestre cambios cardiovasculares, metabólicos y EEG. La descripción de estos cambios ayudaría a un neurólogo a determinar el tipo de convulsión y punto de origen, ambos son muy importantes en el tratamiento de la epilepsia.

Interictal. Este es el tiempo entre las convulsiones. Diversas personas con epilepsia, incluyendo más de la mitad de todas las personas con epilepsia del lóbulo temporal, sufren problemas emocionales y disturbios serios entre las convulsiones. Estas perturbaciones varían desde el miedo tenue, hasta niveles patológicos de ansiedad y depresión. Sin embargo, la ansiedad y la depresión son por mucho los más comunes y estos problemas interictales, son a menudo más incapacitantes y complicados de controlar que los ataques mismos.

En la figura 1.3 se muestra un canal HbO durante la evolución de un estado interictal hasta el ictal, esta imagen fue generada con uno de los sujetos de prueba para esta investigación. El estado preictal no tiene una duración estándar, para esta investigación se consideró un lapso de 5 minutos previos al estado ictal.

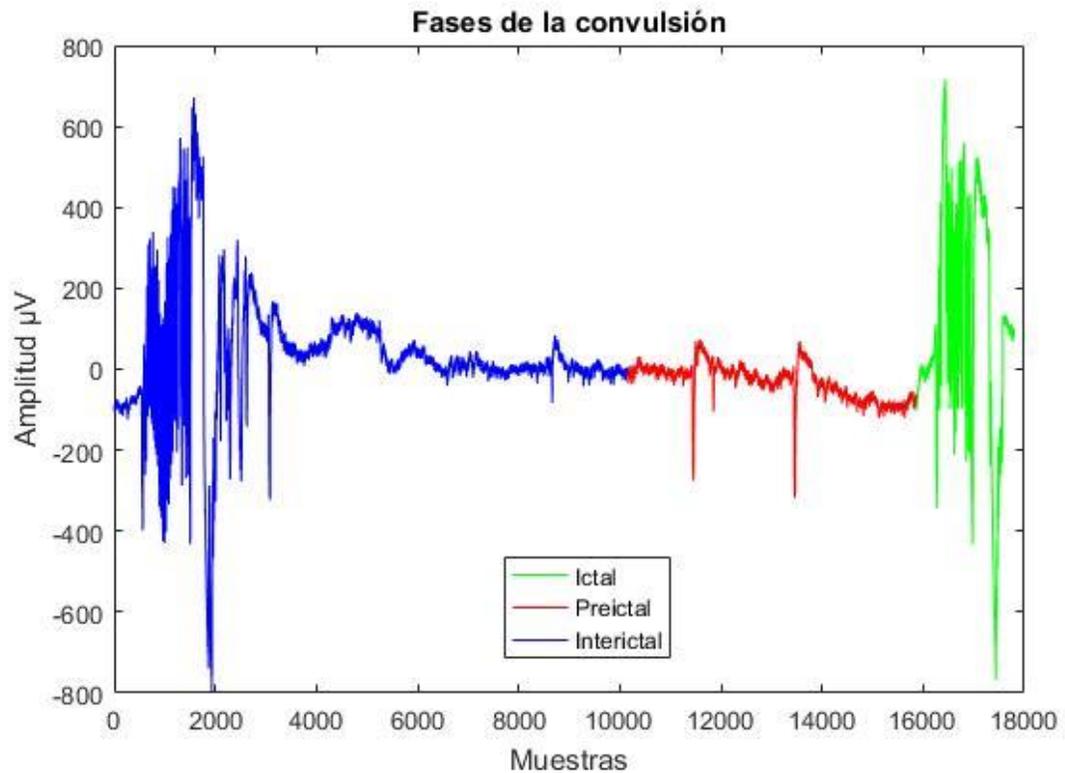


Figura 1.3, estados interictal, preictal e ictal en HbO

## 1.6 Objetivos de la tesis

Probar el uso de redes neuronales convolucionales para la clasificación de estados cerebrales relacionados con ataques epilépticos (Interictal, Preictal, Ictal), que permita una predicción anticipada de convulsiones, tratando de otorgar una advertencia al paciente de cuando menos 5 minutos de anticipación mientras se prueba el uso de la modalidad fNIRS.

### 1.6.1 Objetivos generales

Se desarrollará un modelo para el uso de una CNN que permita extraer y clasificar características pertenecientes al estado preictal usando las señales HbO, HbR y fNIRS. Para la adquisición de las señales, se le proporcionará un entrenamiento semi supervisado a la red neuronal y se pondrá a prueba su clasificación con su valor predictivo positivo para corroborar la eficiencia de su funcionamiento.

### 1.6.2 Objetivos específicos

- Investigar y analizar los métodos existentes para el estudio de las señales fNIRS.
- Analizar el desempeño de algoritmos previamente propuestos para el análisis de señales cerebrales.
- Seleccionar métodos comprobados que permitan una comparación con los resultados obtenidos.
- Diseñar un prototipo que permita la evaluación del desempeño de la clasificación de la red propuesta.
- Utilizar una base de datos que permita generar un conjunto de entrenamiento suficientemente amplio para el desarrollo de la investigación.
- Probar el modelo con diferentes pacientes.