



CHECAsEN: programa para revisar señales EEG fuera de línea

Guevara M.A.*
Sanz-Martín A.*
Corsi-Cabrera M.**
Amezcu-Gutiérrez C.*
Hernández-González M.*

* Instituto de Neurociencias, CUCBA, Universidad de Guadalajara.

** Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Correspondencia:

Guevara M.A.

Francisco de Quevedo Núm. 180, Arcos Vallarta, 44130, Guadalajara, Jalisco, México.
Tel. (0133) 38 18 07 40. Ext. 5860 y 5861
Fax 5877

E-mail: mariselh@cencar.udg.mx

Artículo recibido: 28/mayo/2010

Artículo aceptado: 31/noviembre/2010

RESUMEN

El análisis cuantitativo de las señales electroencefalográficas (EEG) es una técnica útil que permite determinar el funcionamiento cerebral en relación a conductas y procesos cognoscitivos particulares. Dichas señales son susceptibles de contaminarse por artefactos, tanto de índole biológica como electromecánica, que deben ser eliminados antes de efectuar el análisis cuantitativo de la misma. En este trabajo se presenta el desarrollo del programa computacional CHECAsEN, el cual ofrece una forma simple de inspeccionar visualmente, fuera de línea, señales EEG previamente digitalizadas y permite eliminar los segmentos contaminados por artefactos u otro tipo de ruido. El programa permite también elaborar un archivo de texto en donde se enlistan los segmentos de señal que fueron aceptados o rechazados durante la inspección visual; además, indica si en un segmento determinado existe una posible contaminación. CHECAsEN permite la revisión simultánea hasta de 32 derivaciones (lugares de registro de señales EEG), funciona en ambiente Windows en computadoras personales que posean al menos un procesador Pentium (o compatible) y 512 Mb de memoria RAM. Los archivos de salida que genera son almacenados en formato de texto, facilitando su posterior análisis. Su fácil manejo y flexibilidad, permiten que CHECAsEN sea adaptable a los requerimientos de investigaciones experimentales y clínicas.

Palabras clave: Señales bioeléctricas, señales digitales, EEG.

ABSTRACT

Quantitative analysis of the electroencephalographic signal (EEG) is a useful tool that allows studying the relationship between behavior and nervous system. This signal is susceptible to contamination by artifacts that must be eliminated if a quantitative analysis is required. In this paper the development of a computational program CHECAsEN is presented. This program offers a simple way to inspect visually, out of line, a previously digitized electroencephalographic signal and to eliminate the segments contaminated by artifacts or another noise type. It permits to make a file where the signal segments selected during the visual inspection as clean or contaminated are enlisted; in addition, it indicates when a segment is possibly contaminated. CHECAsEN allows the simultaneous revision until of 32 derivations, runs in ambient Windows in personal computers with at least Pentium processor and 512 Mb in RAM. The output files that it generates are stored in text format, facilitating their later analysis. For this reasons, CHECAsEN is easily adaptable to experimental and clinical researches.

Key words: Bioelectric signal, digital signals, EEG.

INTRODUCCIÓN

El registro de la actividad electroencefalográfica (EEG) es una técnica que provee medidas de la distribución espacial de los campos de voltaje del cerebro, la cual varía en función del tiempo. Esta técnica registra la actividad eléctrica cerebral que proviene de las zonas más próximas a los electrodos colocados en el cuero cabelludo. Dado que la señal eléctrica que se registra tiene una intensidad muy pequeña (del orden de los microvolts) necesita ser amplificada, generalmente por medio de un polígrafo (aparato capaz de registrar diversos tipos de señales bioeléctricas).

El registro EEG es una técnica de gran utilidad que permite determinar el funcionamiento cerebral en relación a conductas, estados fisiológicos y procesos cognitivos particulares^{1,2} sin intervención invasiva. Muestra fluctuaciones eléctricas originadas por cambios en el cerebro ante diferentes condiciones, como serían las manipulaciones hormonales y farmacológicas, respuestas a un estímulo sensorial, procesos cognitivos (memoria, aprendizaje), el ciclo sueño-vigilia y la edad, entre muchas otras¹. La importancia del electroencefalograma radica, principalmente, en su alta resolución temporal, que permite obtener registros que pueden ir desde unos cuantos milisegundos hasta horas o días³.

La actividad EEG proviene de corrientes iónicas intra y extraneuronales de una gran población de células, principalmente piramidales, las cuales se encuentran dispuestas de forma perpendicular a la superficie de la corteza cerebral y se activan sincrónicamente⁴.

En sus orígenes, la actividad EEG era analizada por inspección visual, lo que daba lugar a que los expertos en la materia obtuvieran información limitada y poco precisa. Con la introducción masiva de las computadoras personales, a partir de la década de los 80, se han desarrollado distintas técnicas de análisis automatizado, que al ser más rápidas y precisas, han venido a revolucionar la forma en que dichas señales son visualizadas e interpretadas. En la actualidad, la señal EEG, previamente amplificada y filtrada en el polígrafo, puede ser capturada en una computadora a través de una interfaz que permite la digitalización de dichas señales analógicas. Esta interfaz recibe el nombre de convertidor analógico-digital. Una vez que la señal EEG es digitalizada y almacenada en la

computadora (generalmente en un disco duro) puede ser procesada y analizada a través de distintos métodos matemáticos para obtener, por ejemplo, sus componentes de frecuencia (transformada rápida de Fourier) o la relación funcional entre distintas zonas cerebrales (correlación y coherencia)^{5,6}. Sin embargo, antes de ser analizada, la señal EEG debe estar libre de ruido.

El ruido es todo aquello que contamina a la señal de interés, pudiendo ser coherente o incoherente. Mientras que en el ruido coherente los componentes espectrales están empalmados con los componentes de la señal de interés, en el ruido incoherente no lo están. El ruido incoherente puede ser fácilmente eliminado con un filtro, pero puede ser muy difícil eliminar al ruido coherente⁷. Además, el ruido puede ser constante o fásico y de corta duración, conocido también como «artefacto». Generalmente, los artefactos son señales eléctricas que aunque no provienen de la actividad cerebral, se registran simultáneamente o en vez de la actividad EEG. Los artefactos pueden dividirse en dos clases principales: los potenciales biológicos y los potenciales no-biológicos (electromecánicos) procedentes de los electrodos, los conductores o el polígrafo mismo⁸. Entre los artefactos biológicos que más frecuentemente contaminan al registro EEG destacan los potenciales musculares, los movimientos de parpadeo, de la cabeza o del cuello y la actividad electrocardiográfica.

Aunque existen una serie de métodos automatizados que permiten eliminar los artefactos (ver por ejemplo *QuitarFC*⁹), la forma más sencilla y confiable sigue siendo la inspección visual de la señal digitalizada. En el mercado se pueden encontrar diversos programas comerciales que permiten inspeccionar visualmente las señales digitalizadas y eliminar de éstas los segmentos contaminados por artefactos (*i.e.* SCAN 4.4 de la compañía Neuroscan¹⁰). Desgraciadamente, estos programas suelen ser muy costosos, por lo que resultan poco accesibles para la mayoría de los investigadores interesados en hacer análisis cuantitativos de las señales EEG. Por tal motivo, en el Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara se desarrolló el programa CHECAsEN cuya función es permitir la revisión de señales bioeléctricas en formato de texto que ya hayan sido digitalizadas, generalmente al ser capturadas a través de un convertidor analógico-digital.

CARACTERÍSTICAS DE CHECAsEN

Funciones principales

Características del Hardware y Software requeridos

CHECAsEN ha sido elaborado bajo el ambiente de programación Delphi para el sistema operativo Windows; y funciona en cualquier computadora compatible con PC que tenga un procesador Pentium o superior con al menos 512 Mb de memoria RAM (aunque se sugiere tener la máxima posible). El espacio que requiere en disco duro es el necesario para guardar tanto las señales por revisar (señales de entrada), como el espacio que ocuparán las señales ya revisadas (señales de salida). Todos los archivos son de texto, y los de salida ocupan un poco menos espacio que los de entrada.

Cálculo de los parámetros

En la Figura 1 se muestra un diagrama que indica la serie de pasos que CHECAsEN sigue al ser ejecutado.

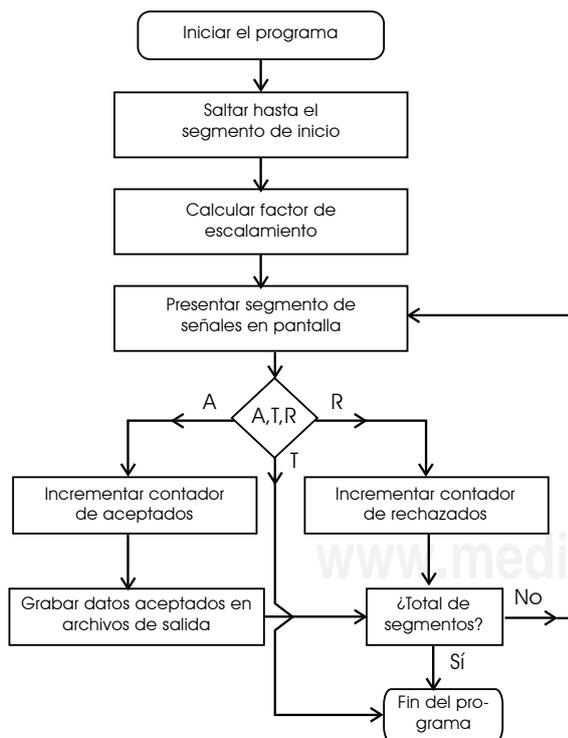


Figura 1. Diagrama que indica los pasos que sigue CHECAsEN al ser ejecutado. (A = aceptar; T = terminar; R = rechazar).

Ejecución del programa

La Figura 2 muestra la pantalla que aparece al ejecutar CHECAsEN. En ella puede verse que se solicita el nombre de un «archivo de nombres».

El archivo de nombres debe ser de texto, y organizarse de tal forma que en cada renglón aparezca un nombre de archivo de señal bioeléctrica por revisar; no deben existir renglones en blanco. Además de lo anterior, los datos en los archivos de texto deben de estar dispuestos de tal forma que sólo haya un dato por renglón.

La Figura 3 muestra un ejemplo de un archivo de nombres llamado 22HAHA.DIR, el cual contiene 5



Figura 2. Pantalla de inicio. Se indica, de arriba hacia abajo, el número del segmento que se está revisando; el número de segmentos considerados como buenos; el número de segmentos considerados como rechazados; el número de puntos por segmento (en este ejemplo, son 1024); la frecuencia de muestreo (512, en el ejemplo); el número de segmento EEG en que se desea iniciar la revisión (en este ejemplo desde el segmento 1). Se ha indicado que no se requieren archivos de salida. Existe un botón para seleccionar el archivo de nombres a revisar y otro para iniciar el programa.

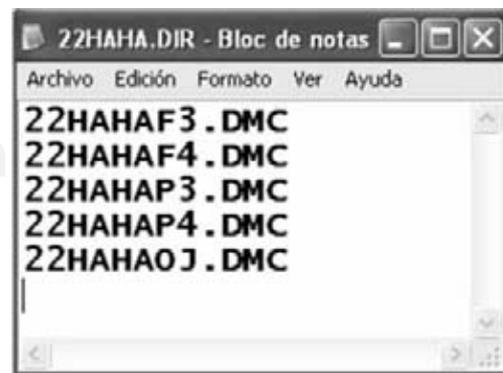


Figura 3. Archivo de nombres que incluye 5 nombres de archivos de señales bioeléctricas.

archivos de datos (señales) por revisar. CHECAsEN puede revisar hasta 32 canales (señales) simultáneamente; si el archivo de nombres contiene más de 32 nombres de archivos, solamente se revisarán los primeros 32 archivos.

Es necesario que las señales digitalizadas se encuentren en formato de texto, y que cada una de ellas esté contenida en un archivo independiente, es decir, debe haber un archivo por canal a revisar. Por ejemplo, si como se muestra en la Figura 3, se registraron los canales F3, F4, P3, P4 y OJ; entonces debe haber 5 archivos independientes, en este caso, 22HAHAF3.DMC, 22HAHAF4.DMC, 22HAHAP3.DMC, 22HAHAP4.DMC y 22HAHAOJ.DMC. Es importante aclarar que el programa no funciona si un mismo archivo contiene más de un solo canal.

Una vez que se ha indicado el archivo de nombres, se deben proporcionar, en la pantalla de inicio, ciertos parámetros (Figura 2): a) *el número de puntos por segmento*, donde el máximo es 16,384; b) *la frecuencia de muestreo*, cuyo valor es solamente informativo, realmente no se requiere para ejecutar el programa; c) *archivos de salida*, se debe indicar si se desea formar nuevos archivos de datos con las señales revisadas y aceptadas; d) *inicio de la revisión*, es necesario indicar si la revisión de archivos iniciará desde el primer segmento o, en su defecto, en qué número de segmento deberá hacerse.

Si se acepta que se formen archivos de salida, el nombre de éstos sólo diferirá de los de entrada en que ahora tendrán la terminación REV (por lo que no debe usarse esta extensión para los nombres de los archivos de entrada). Además, de los anteriores, se creará un nuevo archivo de nombres donde se enlistarán los nombres de los archivos ya revisados (Figura 4).



Figura 4. Archivo de salida creado por CHECAsEN que contiene los nombres de cinco archivos de señal bioeléctrica que ya fueron revisados.

Al oprimir, en la pantalla de inicio, el botón «Iniciar el programa» comienza la revisión de los archivos de datos enlistados en el archivo de nombres (22HAHA.DIR para el ejemplo). Si se ha indicado no iniciar la revisión en el primer segmento, entonces el primer paso que realiza el programa es saltar el número de segmentos necesarios para posicionarse en el segmento de inicio. En seguida, aparece graficado el primer segmento de señales bioeléctricas que se están revisando.

Al aparecer graficado el primer segmento de señal, CHECAsEN ya ha calculado los valores máximo y mínimo contenidos en los primeros 32,768 datos de cada uno de los n-1 canales (o del total de datos en los archivos en caso de que éstos contengan menos de 32,768 datos). Con estos dos valores (máximo y mínimo) se calcula un factor de escalamiento que será utilizado para escalar los valores dentro de una ventana, previamente asignada a cada canal. Es importante aclarar que este factor de escalamiento sirve exclusivamente para graficar las señales en pantalla, no afectan a los datos reales en los archivos (ni de entrada ni de salida).

El último canal (canal n) se escala de manera diferente, pues con base al valor máximo y mínimo en sus primeros 32,768 datos, se calcula su propio factor de escalamiento. Lo anterior se ha hecho así porque frecuentemente el último lugar corresponde a una señal que, como el electrocardiograma o la actividad proveniente de los músculos oculares, ayuda a valorar si las demás están contaminadas por artefactos (pero puede ser también un canal de señal EEG). En el ejemplo presentado en la Figura 5 dicho lugar corresponde a un archivo de frecuencia cardíaca (FC).

Si durante la revisión de señales se presiona el signo «+» las señales de los primeros n-1 canales serán incrementadas al doble de su valor, pero el último canal (canal n) no será afectado esta primera vez; si se vuelve a presionar el signo «+», esta vez sí se duplicará el valor de todos los canales; las veces siguientes, que se presione «+», se seguirá duplicando el valor de todos los canales. Si se presiona el signo «-» se siguen las mismas reglas anteriores, pero esta vez se van decrementando, a la mitad, las amplitudes de las señales.

En el caso de que el número de puntos que forman cada uno de los segmentos de señal representen al menos 2 segundos, en el centro del área de graficación aparecerán 2 cursores de color rojo, los cuales contendrán en su interior exactamente un segundo de señal (Figura 5). Estos cursores se

pueden desplazar por la pantalla oprimiendo las teclas «0» (número cero) y «.» (punto decimal). Posteriormente se explicará cuál es la función de dichos cursores.

Cálculo del factor de escalamiento

La pantalla es dividida en n secciones en sentido vertical. Al graficar las señales se grafica una línea horizontal continua, indicando el valor medio de cada ventana.

Aunque CHECAsEN puede graficar un máximo de 512 puntos en la pantalla, es factible graficar segmentos de señal de hasta 16,384 puntos. Para lograr lo anterior, el programa, aplica una decimación al segmento real de datos que se ha de graficar, es decir, baja automáticamente la frecuencia de muestreo, obteniendo menos puntos en el mismo tiempo de tal manera que solamente se grafique el número máximo de datos permitido (pero que represente completamente al segmento real).

El límite vertical del área de graficado se denomina y_{max} ; este valor se divide, en sentido vertical, entre los «numcan» canales que han de revisarse (máximo 32). El resultado de la división (denominado $incred$; ver fórmula 1) es la cantidad de pixeles asignados a cada canal de datos:

$$incred = y_{max} / numcan \quad (1)$$

En el centro del área asignada a cada canal se grafica una línea recta, alrededor de la cual



Figura 5. Pantalla de revisión de CHECAsEN que contiene 5 nombres de archivos de señales bioeléctricas: cuatro canales de actividad EEG (F3, F4, P3 y P4) y uno de frecuencia cardíaca (FC). Nótese cómo el escalamiento es distinto en el último canal. Las opciones de aceptar (A) o rechazar (R) el segmento de EEG en revisión, así como la de terminar (T) el programa.

oscilarán las señales que se han de graficar; esta línea representa la media de los datos contenidos en el canal. Estos valores centrales se han denominado y_i .

Para que los valores, que representan a las señales, puedan ser graficados en el área que les corresponde deben ser reescalados, pero de tal manera que sigan siendo comparables (las señales de los diferentes canales). Para ello, al iniciar el programa, lo primero que se calcula es dicho factor de escalamiento. Primero se calculan los valores máximo (valmayor) y mínimo (valmenor) contenidos en las señales a graficar; sin embargo, en esta determinación no participa el último canal; los valores máximo (valmayor2) y mínimo (valmenor2) de este canal se calculan por separado.

Las siguientes operaciones (fórmulas 2 a la 6) ilustran la manera en que se calcula el valor de escalamiento para los canales (excepto el último).

medioran = (valmayor-valmenor) / 2.0 {mitad del rango} (2)

meddelran = valmenor + medioran {el centro del rango} (3)

valmayor = meddelran + medioran {reasignación del valor mayor} (4)

valmenor = meddelran - medioran {reasignación del valor menor} (5)

reescala = increy / (valmayor-valmenor) {factor de escalamiento} (6)

Cada dato (son j datos) que ha de ser graficado en cada uno de los canales (son i canales) deberá ser escalado para que ajuste dentro de los límites de la ventana asignada al canal. En $datgra$ (fórmula 7) queda el nuevo valor del dato (listo para ser graficado).

datgra[i,j] = $y_i[i] - (\text{dato} - \text{valmenor}) * \text{reescala}$ {dato j del canal i } (7)

Revisión de señales en CHECAsEN

Ante cada segmento que aparece graficado en la pantalla se debe tomar una decisión, oprimiendo una de 4 posibles teclas. La tecla «A» si se desea aceptar el segmento, en este caso se incrementa el contador de segmentos aceptados (etiqueta «Buenos») y si se aceptaron archivos de salida entonces se graba el segmento aceptado; la tecla «R», en cuyo caso solamente se incrementa el contador de segmentos rechazados; la tecla «T» que indicará que se debe terminar la ejecución del programa,

en dicho caso se cerrarán los archivos de salida (si se eligieron) con los segmentos aceptados. Para ayudar a tomar la decisión correcta, el programa indica si el segmento en pantalla presenta saturaciones. Esto sucede cuando una (o varias) de las señales contienen un valor que se repite al menos en 3 puntos seguidos, formando un segmento de línea recta (Figura 5).

En el caso de que cada tramo de señal a revisar represente al menos 2 segundos aparecerá una cuarta opción para tomar la decisión, el número «5»; si éste es presionado se aceptará (y grabará si se ha elegido crear archivos de salida) el segundo de señal contenido entre los cursores. Esta opción es sumamente útil cuando no es posible aceptar todo el tramo de señal que se está revisando pues parte del mismo está contaminado por artefactos o se encuentra saturado. Al presionar «A», «R» ó «5» de inmediato se lee y grafica el segmento siguiente de los archivos de entrada.

Al revisar las señales, CHECAsEN indica también si en un segmento existe la posibilidad de haber contaminación por artefactos provenientes del último canal (último canal saturado), lo cual es muy útil cuando el último canal corresponde a, por ejemplo, frecuencia cardiaca o movimientos oculares (indica posibilidad, no certeza) (Figura 6).

El programa solamente puede leer archivos de texto (independientes, uno por canal). Muchos de los paquetes comerciales de adquisición de señales bioeléctricas pueden exportar sus datos (por ejemplo, Polyview y Scan 4.4¹⁰), sin procesar, a archivos en formato de texto, por lo que fácilmente se pueden preparar para ser revisados

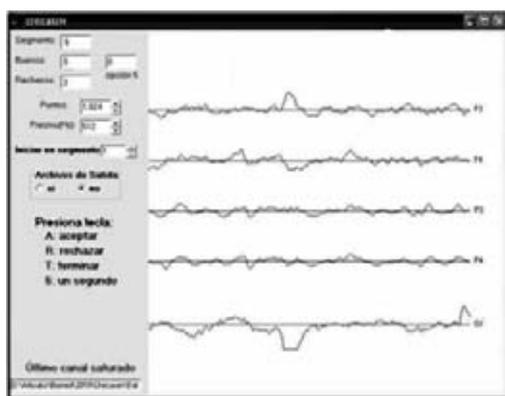


Figura 6. Pantalla de CHECAsEN que contiene 5 canales de señales bioeléctricas: cuatro de señales EEG (F3, F4, P3 y P4) y uno de movimientos oculares (OJ). Nótese el aviso de saturación en el último canal, lo cual podría estar provocando contaminación en las señales EEG.

con CHECAsEN. Los archivos de salida (revisados) también son archivos de texto.

CONSIDERACIONES

Existen 2 versiones del programa: CHECAsEN y CHECAsEN2. La diferencia entre ellos es que CHECAsEN2 está pensado para pantallas con al menos 1,200 (horizontal) por 800 (vertical) pixeles de resolución; si no se cuenta con dicha pantalla se debe usar CHECAsEN. En la computadora, los archivos de entrada (archivos a revisar con datos en formato de texto) y el archivo de texto que contiene los nombres de dichos archivos (el archivo de nombres) deben estar en la misma carpeta. El programa no está pensado para aplicarse en la clínica, sino más bien en la investigación básica.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El programa descrito, CHECAsEN, ofrece una forma simple de inspeccionar visualmente una señal electroencefalográfica previamente digitalizada y eliminar, si así se desea, los segmentos contaminados por artefactos u otro tipo de ruido. CHECAsEN permite crear nuevos archivos en formato de texto sin los segmentos contaminados. Al estar en formato de texto, las señales ya revisadas pueden ser fácilmente manejados por otros programas de análisis, por ejemplo POTENCOR⁵.

CHECAsEN ofrece varias ventajas. Primeramente, maneja archivos de texto por lo que puede emplearse para revisar señales provenientes de equipos de distintas marcas. Esta cualidad diferencia a CHECAsEN de la mayoría de los programas comerciales, los cuales generalmente sólo manejan archivos con formatos provenientes de sus programas de captura y de equipos específicos. Por ejemplo, el módulo Edit 4.4 del programa Scan 4.4 de neuroscan, solamente permite revisar archivos en formato *.CNT, los cuales son capturados por el módulo acquire 4.4¹¹ en equipos de la marca Neuroscan.

Además, CHECAsEN corre en equipos con requerimientos mínimos de hardware, pues requiere solamente de computadoras personales con procesador Pentium (o compatible), con al menos 512 Mb de memoria RAM y ambiente Windows en cualquiera de sus versiones.

Los archivos de salida son almacenados en formato de texto, facilitando su posterior manejo, representación gráfica y ahorro de espacio de almacenamiento en el disco duro.

Ya que CHECAsEN es flexible y fácilmente adaptable a necesidades experimentales, tanto con sujetos humanos como no humanos, en proyectos de investigación en áreas tales como la psicología, las neurociencias cognoscitivas y la biología, por mencionar algunas.

Una condición muy importante, es que los datos de las diferentes derivaciones estén organizados en archivos independientes (de texto, con un dato por renglón); si esta condición se cumple de forma adecuada, el programa graficará, sin dificultad alguna las distintas derivaciones registradas. Una de las limitaciones del programa, es el hecho de graficar sólo treinta y dos derivaciones; sin embargo, para estudios donde se registren más derivaciones, es posible hacer varias corridas del programa.

Actualmente CHECAsEN es empleado en diversos centros de investigación (Facultad de Psicología y Facultad de Ciencias de la UNAM; Centro de Investigación Biomédica de Michoacán, IMSS; Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara; Instituto de Neuroetología de la Universidad Veracruzana); entre otras razones, por su facilidad de manejo (un entrenamiento de unos cuantos minutos es suficiente para instalarlo y manejarlo), la posibilidad de revisar señales en formato de texto provenientes de distintos tipos de equipos y su accesibilidad, pues no tiene costo alguno.

Para fines de investigación científica, se puede solicitar CHECAsEN a los autores y podrá ser libremente utilizado. Lo único que se solicita es que, si se publican resultados en los que se haya utilizado

el programa, se cite el crédito correspondiente a esta publicación.

REFERENCIAS

1. Andreassi JL. *Psychophysiology: Human behavior & physiological response*. 4 ed (Mahwah, New Jersey): Lawrence Erlbaum Associates, Publishers 2000.
2. Fernández-Harmony I, González-Garrido A. EEG y cognición. En: Alcaraz-Romero VM, Gumá-Díaz E, editors. *Texto de Neurociencias Cognitivas*. (México, D.F.): Manual Moderno 2001: 351-69.
3. Guevara MA, Hernández-González M. Registro y análisis automatizado de señales bioeléctricas cerebrales durante la ejecución sexual. Universidad de Guadalajara (México) 2006.
4. Speckmann EJ, Elger CE. Introduction to the neurophysiological basis of the EEG and DC potentials. En: Lopes Da Silva F, editor. *Electroencephalography: Basic principles, clinical applications and related fields*. 4 ed. (Media, Pennsylvania): Lippincott Williams & Wilkins 1999: 15-27.
5. Guevara MA, Ramos J, Hernández-González M, Zarabozo D, Corsi-Cabrera M. POTENCOR: a program to calculate power and correlation spectra of EEG signals. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 2003; 72: 241-50.
6. Guevara MA, Lorenzo I, Arce C, Ramos J, Corsi-Cabrera M. Inter and intrahemispheric EEG correlation during sleep and wakefulness. *Sleep* 1995; 18(4): 257-65.
7. Li X, Bilgutay NM. Wiener Filter Realization for Target Detection Using Group Delay Statistics. *IEEE Transaction on Signal Processing* 1993; 41(6): 2067-74.
8. Scott DF. *Entendiendo el EEG: Una Introducción al electroencefalograma (EU)*: Lippincott 1976.
9. Guevara MA, Sanz-Martín A, Amezcua-Gutiérrez CC, Hernández-González M. QUITARFC: programa computacional para filtrar y contar pulsos de frecuencia cardíaca inmersos en señales eeg. *Scientia* 2010; 10(1-2): 69-76.
10. Neuroscan C. Edit 4.4: offline analysis of acquired data. (Estados Unidos): Compumedics Neuroscan 2007.
11. Neuroscan. Acquire 4.4: online acquisition of neurophysiological data. (USA): Neuroscan 2007.