

# Evaluación y control de la activación cortical en los déficit de atención sostenida<sup>1</sup>

Luis Álvarez, Paloma González-Castro, José Carlos Núñez<sup>2</sup>, Julio A. González-Pianda y Ana Bernardo (*Universidad de Oviedo, España*)

(Recibido 15 de junio 2007 / Received June 15, 2007)

(Aceptado 11 de octubre 2007 / Accepted October 11, 2007)

**RESUMEN.** Actualmente, no hay duda de que la atención sostenida se modifica con la práctica, de ahí que cada sujeto pueda generar un potencial atencional propio. También se sabe que este modelo dinámico de la atención está condicionado por variables cognitivas, conativas y afectivas que precisan de una evaluación y una intervención «adaptada». El trabajo cuasi-experimental que aquí se describe se enmarca dentro de esta perspectiva, siendo su objetivo conocer la eficacia de una intervención combinada (activación cortical y práctica continuada) para la disminución de los déficit en atención sostenida asociados a bajo rendimiento escolar. Se trabaja con una muestra de 64 sujetos con déficit en atención sostenida, con edades comprendidas entre los 10 y 16 años, de los cuales 30 forman el grupo control y 34 el grupo experimental. Los resultados obtenidos evidencian la eficacia de la intervención para la mejora de la atención sostenida (a mayor grado de activación aumenta la calidad de la concentración y el control de la ejecución). Estos resultados son discutidos, así mismo, tomando conciencia de algunas limitaciones metodológicas del estudio.

**PALABRAS CLAVE.** Atención sostenida. Problemas atencionales. Bancos de actividades. Diseño cuasi-experimental.

---

<sup>1</sup> Este trabajo ha contado con el apoyo económico por parte del Ministerio de Ciencia y Tecnología (Proyecto: I+D+I, MCyT-02-BSO-00364).

<sup>2</sup> Correspondencia: Departamento de Psicología. Universidad de Oviedo. Plaza Feijoo, s/n. 33003 Oviedo (España). E-mail: jcarlosn@telecable.es

**ABSTRACT.** At present, there is no doubt that the maintained attention is modified with practice, for that reason each subject can generate his own potential of attention. It is also known that this dynamic model of attention is determined by cognitive, conative and affective variables that need an evaluation and “an adapted” intervention. The cuasi-experimental work described here is framed under this perspective. Its objective is to know the effectiveness of a combined intervention (cortical activation and continuous performance) in order to lower the deficit of maintained attention linked to academic underachievement. The work consists of a sample of 64 subjects with deficit in maintained attention, with ages between 10 and 16 years, of which 30 form the control group and 34 the experimental group. The obtained results demonstrate the effectiveness of the intervention in the improvement of the maintained attention (a greater degree of activation increases the quality of the concentration and the control of performance). These results may be arguable considering some methodological limitations of the study.

**KEYWORDS.** Sustained attention. Attentional problems. Activity banks. Quasi-experimental design.

Los problemas atencionales ocurren con elevada frecuencia, tanto en el ámbito clínico como en el ámbito escolar, quejándose el profesorado de falta de atención en más de la mitad de sus alumnos (Servera, 1999). Según DuPaul y Eckert (1997) y Merrell y Tymms (2001), ésto se debe a que la atención está directamente implicada en la recepción activa de la información, tanto desde el punto de vista de su selección y reconocimiento como del mantenimiento de la actividad psicológica. Pero, para que esta implicación sea eficaz, es necesario que los mecanismos atencionales puedan ser regulados por el propio sujeto, mediante la utilización de determinadas estrategias atencionales, relacionadas con procesos, tanto de tipo cognitivo como afectivo-motivacional, siendo la interacción la que va a determinar la capacidad de concentración necesaria para la ejecución de las actividades propuestas.

Esta concepción estratégica e interactiva de la atención es una consecuencia de la evolución que han ido experimentando los modelos clásicos de recursos limitados hacia los modelos más actuales de activación. Para los primeros (Kanheman, 1973), la atención está condicionada no solo por la disponibilidad del sujeto para atender, sino también por las exigencias de la tarea a realizar. Este modelo tiene una repercusión muy importante en los procesos de enseñanza-aprendizaje, porque une en un mismo sistema las características personales y el tipo de ejecución. Sin embargo, la idea de limitación de la capacidad atencional no es asumida en su totalidad por los defensores de los modelos de activación, puesto que la atención, al actuar como un mecanismo activo y constructivo, se modifica con la práctica, generando cada sujeto un potencial atencional propio. Dicho potencial no solamente va a estar determinado por elementos cognitivos, sino también por elementos conativos y afectivos, cuya interacción se concreta en el primer modelo neoconexionista de la atención (Phaf, Van der Heijden y Hudson, 1990), el modelo «Slam», el cual demuestra un desarrollo efectivo de la capacidad de atención a través de la implicación personal y de la práctica continuada.

Este avance en los modelos explicativos de la atención tiene una clara incidencia en los procesos de atención sostenida, porque hablar de potencial en lugar de limitación atencional genera unas expectativas y posibilidades de cambio mucho mayores que las previstas en los modelos clásicos, debido a su carácter estático y de menor flexibilidad. De ahí que los problemas académicos que generan los déficit de atención sostenida, por ejemplo, en el aprendizaje de la lectura (Rabiner y Coie, 2000; Willcutt y Pennington, 2000), en la comprensión lectora (Berthiaume, 2006), en la resolución de problemas (Barkley, 2006) o en el control de la conducta (Valencia-García y Andrade-Palos, 2005), no se puedan resolver exclusivamente con apoyo farmacológico, y ello debido a que los fallos en la red ejecutiva y de vigilancia precisan tratamientos combinados que faciliten la consolidación de los niveles de activación adquiridos a lo largo del tiempo (Merrell y Tymms, 2001). La red ejecutiva (formada por la corteza anterior del cíngulo, el área motora suplementaria superior y los ganglios basales que aportan dopamina a los lóbulos frontales) es la responsable del control voluntario de la memoria operativa y de la selección y detección de estímulos concretos (Duncan y Owen, 2000). Se activa ante tareas que requieren la emisión de respuestas nuevas, en situaciones de interferencia o de conciencia de haber cometido un error, y en acciones planificadas (Posner y DiGirolamo, 1998). La red de vigilancia, por su parte, está más relacionada con el grado de disponibilidad que precisa el sujeto para ejecutar una tarea. Esta disponibilidad depende del nivel de activación o arousal relacionado con la acción de diferentes sistemas neurales, como el sistema reticular de activación ascendente del tronco cerebral, las vías noradrenérgicas ascendentes, la corteza frontal derecha, el giro cingular y el cuerpo calloso (Parasuraman, Warm y See, 1998).

Finalmente, los niveles de activación varían en función de la capacidad del sujeto para atender y de las exigencias propias de la tarea a realizar. Dichos niveles se pueden valorar independientemente de cualquier actividad o a través de ejecuciones concretas (May, 1999). La disposición inicial, independiente de cualquier actividad, está muy relacionada con la capacidad global de atención, la cual correlaciona estrechamente, según Robbins (2000), con el metabolismo cerebral y el riego sanguíneo. Para comprobar este extremo, algunos autores como Cartozzo, Jacobs y Gevirtz (1995) o Scheinbaum, Zecker, Newton y Rosenfeld (1995), entre otros, relacionan esta capacidad con la amplitud de la onda theta, confirmando después la eficacia de su reducción, a través de pruebas de ejecución continua, tipo *TOVA (Test of Variables of Attention)* (Greenberg, 1996). Otros autores, como es el caso de Angelakis, Lubar y Stathopoulou (2004), Angelakis, Lubar, Stathopoulou y Kounios (2004) y Swartwood, Swartwood, Lubar y Timmerman (2003), defienden una propuesta semejante, pero relacionando la capacidad atencional con la amplitud de la onda alpha. Por su parte, Toomin (2002) establece que las ondas beta y theta son las ondas que mejor identifican los niveles de activación cortical (dado que los incrementos de theta van acompañados de descensos del fluido sanguíneo y del metabolismo de la glucosa, por lo que correlacionarían con áreas cerebrales poco activas). Lo mismo sucede con los descensos de la actividad beta. Por tanto, la ratio beta/theta va a ser mejor indicador de la actividad cerebral que cada onda por separado. Con esta premisa, Toomin diseña el Biocomp 1010 como sistema EEG adaptado para evaluar los niveles de activación cortical a través de la relación entre las ondas beta/theta.

Por otra parte, el control de la ejecución se puede realizar con pruebas de ejecución continua (Greenberg, 1996), con tareas de vigilancia (Servera y Cardo, 2006) o con escalas de observación (Conners, 1997; Miranda, García y Soriano, 2005; Swanson, 2003). Uno de los test más utilizadas para contrastar los niveles de activación cortical, según Flink y Turek (2003) o Rossiter (2004), es el *TOVA* de Greenberg (1996).

En consecuencia, en la presente investigación se aplica el Biocomp 2010 y el *TOVA* para valorar los niveles de activación cortical y la calidad de la ejecución como uno de los elementos básicos para detectar déficit de atención sostenida. En una investigación previa (Álvarez *et al.*, 2007b) ya se había planteado la posibilidad de contrastar la activación con pruebas de ejecución, pero la utilización del D-2 (test en papel y lápiz con una duración de 5 minutos), como única prueba de contraste, restaba eficacia a una valoración de la atención sostenida (intervalos de ejecución superiores a 20 minutos como registra el *TOVA*), más acorde con el rendimiento escolar. Sin embargo, desde el punto de vista de la intervención, la mejora de la activación cortical, aunque facilita la ejecución de las tareas, no se considera suficiente para promover la mejora de la aplicación de la atención sostenida a las tareas y actividades académicas (Lubar, 1993). Para ello se necesita un entrenamiento adicional (cognitivo, estratégico y motivacional) que lo potencie, para que, de esta forma, cada sujeto pueda darle a la activación alcanzada una vertiente aplicada. Por este motivo, en esta investigación también se introducen tareas atencionales informatizadas (TAI), con el fin de combinar activación cortical y ejecución directa. En definitiva, en el presente estudio, el neurofeedback EEG se aplica para estimular la activación central (Cz), relacionada directamente con la calidad y cantidad de concentración y para estimular la activación prefrontal izquierda (Fp1), más relacionada con el control de la ejecución. Las TAI, por su parte, son bancos de actividades graduadas por dificultad, edad y nivel educativo que deben facilitar la ejecución de actividades concretas.

## Método

### *Diseño*

Teniendo en cuenta el objetivo de este estudio, el diseño de investigación que se utiliza es de tipo cuasi-experimental, de grupo control no equivalente. Este es un diseño muy utilizado en psicología de la educación dado que, a menudo, es imposible asignar sujetos de manera aleatoria (Montero y León, 2007; Ramos-Álvarez, Valdés-Conroy y Catena, 2006). Además, se han tomado medidas de la edad y el Cociente Intelectual (CI), puesto que, presumiblemente, estas variables pueden tener incidencia sobre la eficacia del programa de intervención. Estas variables serán tratadas como covariadas en el diseño con el fin de eliminar estadísticamente el efecto de éstas sobre la variable dependiente y conocer, por tanto, el efecto real de la intervención. Además, esta información podría ser de gran utilidad a la hora de planificar modificaciones sobre el programa de intervención para adaptarlo a la mayoría de casos y situaciones posibles (validez externa).

### Muestra

La muestra está compuesta por estudiantes de diferentes centros educativos de Asturias (España). En el presente estudio participaron 64 sujetos con déficit en atención sostenida, y edades comprendidas entre los 10 y 16 años ( $M_{\text{Grupo Control}} = 13,12$ ;  $DT_{\text{Grupo Control}} = 1,90$ ;  $M_{\text{Grupo Experimental}} = 12,47$ ;  $DT_{\text{Grupo Experimental}} = 1,73$ ), de los cuales 30 forman el grupo control (GC) y 34 el grupo experimental (GE). Han sido excluidos de este estudio los sujetos con un CI inferior a 70, siendo las medias muy semejantes para ambos grupos ( $M_{\text{GC}} = 98,03$ ;  $DT_{\text{GC}} = 11,59$ ;  $M_{\text{GE}} = 95,44$ ;  $DT_{\text{GE}} = 12,02$ ). No se ha tenido en cuenta la variable género ya que estudios como el de Rohde *et al.* (2001) o DuPaul *et al.* (2006) no han encontrado diferencias significativas entre hombres y mujeres, aunque los niños tradicionalmente solían presentar comportamientos más disruptivos y las niñas mayor desajuste emocional. Se excluyeron aquellos sujetos que estaban bajo tratamiento farmacológico o los que iniciaron algún apoyo farmacológico durante la intervención, tanto en el grupo experimental como en el grupo control. Los estudiantes que finalmente participaron en la investigación tenían la conformidad de sus padres y tutores. Para la distribución en grupo experimental y control se tuvo en cuenta la disposición de los padres a incorporar a los estudiantes a la intervención, así como el compromiso de realizar ésta de forma continuada a lo largo de tres meses, a razón de tres días por semana. Una vez recibida la solicitud de exploración, con el fin de contrastar el diagnóstico con el que venían los sujetos, se evalúa el nivel de atención sostenida con pruebas de activación (*Biocomp*, 2010) y de ejecución (D-2 en papel y lápiz y *TOVA* en lenguaje informático). Las puntuaciones en estas pruebas, a su vez, constituyen los niveles pretest del diseño (véase la Tabla 1).

Han sido realizados contrastes multivariados para conocer si los dos grupos (GC y GE) son homogéneos en el pretest respecto de las variables de activación cortical, concentración y déficit atencionales. En cuanto al nivel de activación cortical, los resultados obtenidos indican que existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos a nivel general ( $\lambda = 0,87$ ;  $F_{(2, 58)} = 4,07$ ;  $p = 0,02$ ;  $\eta^2 = 0,12$ ) y a nivel particular en Fp1 ( $F_{(1, 59)} = 8,17$ ;  $p = 0,006$ ;  $\eta^2 = 0,12$ ), aunque las diferencias no alcanzan a ser estadísticamente significativas en Cz. Por lo que respecta a la variable concentración, los resultados de los análisis realizados indican que no existen diferencias significativas entre el grupo control y el experimental ( $F_{(1, 36)} = 2,14$ ;  $p = 0,15$ ;  $\eta^2 = 0,05$ ), por lo que puede considerarse que los grupos son homogéneos en cuanto a la variable D-2 en el pretest. Finalmente, los contrastes multivariados correspondientes a los déficits atencionales, medidos a través del *TOVA*, indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos a nivel general ( $\lambda = 0,86$ ;  $F_{(5, 51)} = 1,65$ ;  $p = 0,16$ ;  $\eta^2 = 0,13$ ), aunque sí a nivel particular en inatención ( $F_{(1, 55)} = 6,35$ ;  $p = 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,10$ ) y tiempo de respuesta ( $F_{(1, 55)} = 4,74$ ;  $p = 0,03$ ;  $\eta^2 = 0,07$ ).

Dado que existen diferencias iniciales (pretest) en algunas de las variables medidas, el análisis de las diferencias en el postest será llevado a cabo mediante ANCOVAS incluyendo como covariadas, además de la edad y CI, los niveles pretest de cada variable. De este modo, es posible conocer el nivel real de eficacia de la intervención (descontando la interacción de estas covariadas).

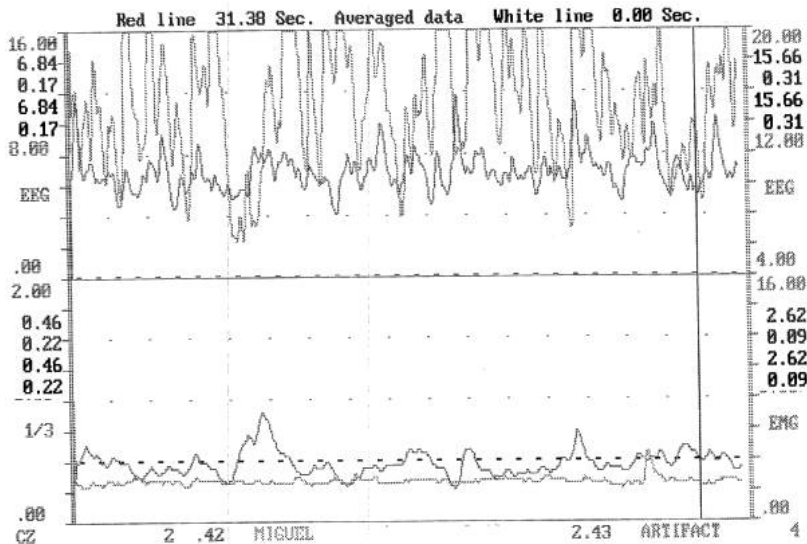
## Materiales

### *Instrumentos de medida*

En este estudio se han tomado las siguientes medidas: capacidad intelectual, nivel de activación cortical (mediante la relación entre las ondas beta/theta), y el grado de atención sostenida con pruebas de ejecución en papel y lápiz y en lenguaje informático. Seguidamente, se describen los instrumentos que han sido utilizados. Para la evaluación de la capacidad intelectual se utilizó el Stanford-Binet, forma L-M, de Terman y Merrill (1976). Esta prueba es un test adaptativo que, además de proporcionar una medida de CI, aporta también un perfil de capacidades, especialmente útil de cara a la orientación psicoeducativa (dado que identifica los puntos débiles que condicionan el rendimiento).

El *Biocomp 2010* ([www.biocompresench.org](http://www.biocompresench.org)) es un sistema computerizado de EEG, adaptado por Toomin (*The Biofeedback Institute of Los Angeles*), que proporciona los niveles de activación cortical a través de la ratio beta/theta. Mide la atención en general, independientemente de la tarea a realizar. Para ello, se le coloca al sujeto un electrodo para registrar la ratio beta/theta en la zona cortical correspondiente (Cz, Fp1), y otros dos electrodos de control en las orejas, en el lóbulo izquierdo-derecho respectivo. Finalmente, el equipo lleva un sistema EMG (antebrazo derecho) para controlar el movimiento. Una vez colocados los electrodos en los lugares indicados, se le pide al sujeto que permanezca relajado, sin moverse, con un ritmo de respiración lento y pausado, fijándose exclusivamente en la pantalla del ordenador en la que se van sucediendo las ondas theta y beta que él mismo emite. Finalizada la evaluación, se interpretan los resultados obtenidos. Cuando la ratio beta/theta es inferior al 50% en Cz, estamos ante un claro déficit de atención (véase la Figura 1) y si, además, lo es en Fp1, entonces el déficit de atención iría asociado a una falta de control en la ejecución.

**FIGURA 1.** Evaluación con el Biocomp (ratio beta/theta en Cz).



El D-2 (Brickenkamp, 2002) es un test de papel y lápiz, y se puede utilizar para evaluar tanto la atención selectiva (TOT) como sostenida, puesto que ofrece, además del TOT, una medida precisa de la cantidad y calidad de la concentración (CON = TA - C; siendo TA: total de aciertos, C: comisiones). En este estudio, el D-2 se utiliza para obtener medida del nivel de atención sostenida.

El *Test of Variables of Attention (TOVA)* de Greenberg (1996) proporciona una de las medidas más objetivas del déficit de atención que, en versión 7.0 para PC, se presenta en dos versiones: *TOVA* (visual) y *TOVA-A* (auditivo). Este test, según Gratch (2000), consiste en la aparición continuada, durante 22,5 minutos, de dos gráficos rectangulares en la pantalla del ordenador. Uno de ellos, al que se designa «target» o «blanco», posee un cuadrado cerca del borde superior, mientras que el «non-target» o «no-blanco» posee un cuadrado cercano al borde inferior. El sujeto, al ser evaluado, llevará en la mano un pulsador que deberá oprimir después de la aparición del «target» o «blanco». El pulsador debe ser utilizado con la misma mano que el sujeto emplea para escribir y la presión debe ser muy pequeña ya que se trata de un elemento de alta precisión y sensibilidad. La consigna que se le plantea al sujeto es la siguiente: “Ahora vas a ver una secuencia de figuras y tú deberás oprimir el botón lo más rápido que puedas, cuando veas el rectángulo con el cuadradito cercano a la parte superior; no lo aprietes cuando la figura tenga el cuadradito cercano al borde inferior. Lo importante es que lo hagas lo más rápido posible pero también lo más seguro que puedas. Trata de no equivocarte”. Antes de comenzar con el test, se realiza una práctica durante tres minutos para que el sujeto se familiarice con la prueba. A partir de este momento, se inicia la evaluación con la que se pueden obtener los siguientes indicadores: inatención, impulsividad, tiempo de respuesta, variabilidad e hiperactividad.

### *Programa de intervención*

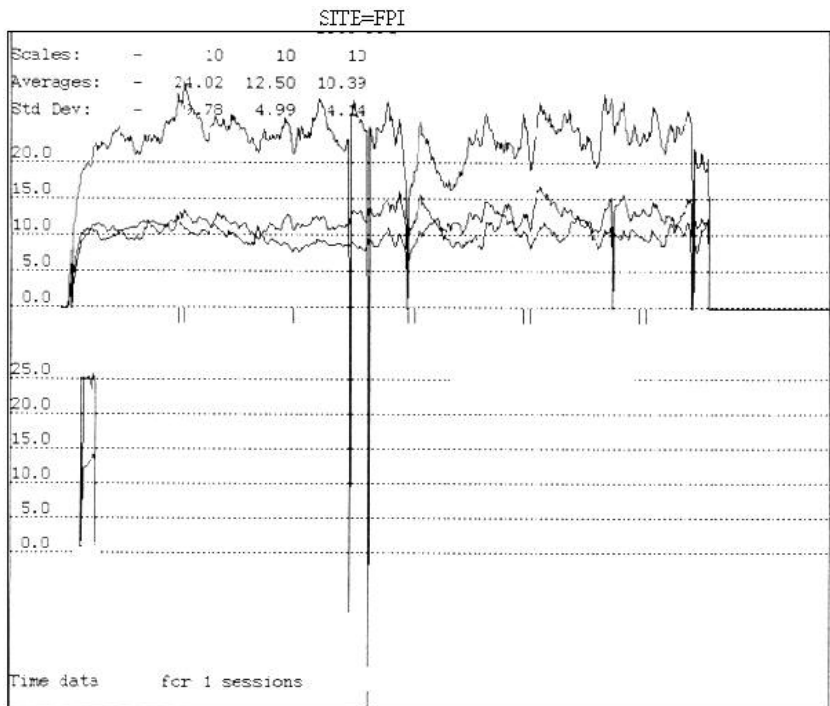
El programa de entrenamiento consistió en la aplicación de tareas atencionales informatizadas (TAI) diseñadas al efecto (Álvarez y González-Castro, 2004; Álvarez *et al.*, 2007a; Álvarez, González-Castro, Redondo y Busquets, 2004), combinadas con neurofeedback (*EEG Spectrum*), con el objetivo de mejorar la ejecución y aumentar la concentración.

Las tareas atencionales informatizadas (TAI) son bancos de actividades que se concretan en cuatro CDs correspondientes a cuatro niveles de intervención: nivel 1 (6-7 años), nivel 2 (8-9 años), nivel 3 (10-11 años) y nivel 4 (12 años en adelante). Las actividades de cada CD se organizan en torno a cuatro objetivos: a) reproducir totalmente o en parte modelos iguales u opuestos a otros dados, b) retener mentalmente elementos o modelos para reproducirlos o asociarlos con otros, c) colocar en un orden determinado los elementos de un conjunto conocido y d) establecer relaciones entre elementos de acuerdo con unas condiciones, los cuales se alcanzan una vez realizadas con éxito un 80% de sus actividades.

La activación inicial, valorada a través de la ratio beta/theta, se estimula con neurofeedback EEG (los sujetos pueden jugar si manejan los umbrales de activación propuestos), terapia que, según Martínez-León (2006), ha mostrado resultados exitosos y estables a lo largo del tiempo (véanse al respecto: American Biotech Corporation, 2000; Lubar y Lubar, 1984; Lubar, Swartwood, Swartwood y O'Donnell, 1995; Monastra *et al.*, 1999; Othmer, Othmer y Kaiser, 2000; Othmer, Othmer y Marks, 1991; Tansey,

1993; entre otras investigaciones). En este estudio, la activación cortical se trabaja con el *EEG Spectrum*, ([www.neurocybernetics.com](http://www.neurocybernetics.com)), diseñado por Howard Lightstone para *Neurocybernetics, Inc.* Se compone de dos equipos: uno para la persona que guía el entrenamiento y otro para el sujeto entrenado. Tiene como objetivo aumentar la activación cortical. Para ello, el sujeto está conectado, a través de un preamplificador EEG con largos cables de plomo unidos por electrodos simples: señal, tierra y referencia. El electrodo de la señal se pega en el área prefrontal con gel conductor y los electrodos de referencia y tierra se sujetan al lóbulo de la oreja. Las muestras de la señal EEG se toman 256 veces por segundo y se digitalizan. El software del entrenador procesa las muestras de las señales digitales convertidas y las almacena, las filtra y separa en varias bandas de frecuencia y visualiza tanto las señales sin procesar como las filtradas en su ordenador a razón de 160 muestras por segundo. Los datos sobre la amplitud de las ondas cerebrales en cada una de las bandas de frecuencia son transmitidos por el ordenador del entrenador al ordenador del sujeto entrenado en forma de juego. Para ello, el entrenador monitoriza la actividad de las ondas cerebrales y fija las metas, mientras que el paciente va visualizando el feedback a través del juego. En la medida en que el sujeto modifica sus niveles de activación, el entrenador adapta los umbrales de exigencia. Al finalizar cada sesión, aparece un gráfico resumen con los niveles de activación, ansiedad y movimiento obtenidos a lo largo de la sesión (véase la Figura 2).

**FIGURA 2.** EEG Spectrum: gráfico-resumen de una sesión de entrenamiento.





### Procedimiento

A una muestra representativa de centros educativos de Asturias (España) se les envió una carta con el fin de darles a conocer el objetivo de la investigación que se iba a poner en marcha, por si querían sumarse a la propuesta. Adjunto a la carta, iba una solicitud de participación y una petición de consentimiento que deberían cubrir los tutores, con la conformidad de los padres, de aquellos estudiantes con un diagnóstico previo de déficit de atención sostenida, siempre y cuando tuviesen una intención clara de participar en el programa. Recibida la solicitud, se inicia la evaluación previa, con el fin de valorar el déficit atencional y comprobar con qué otros perfiles pudiera estar asociado. Esta evaluación se lleva a cabo con los instrumentos descritos: *Biocomp*, *D-2*, *TOVA*. Además de la valoración de los déficit atencionales, se ha aplicado a los sujetos el Stanford-Binet con el fin de eliminar del estudio a los estudiantes con algún déficit intelectual y, además, poder controlar la interacción de la inteligencia con el tratamiento. En cuanto a la fase de intervención, ésta se produce a razón de una hora diaria, tres días por semana, durante tres meses. El entrenamiento comienza con el *EEG Spectrum* durante unos quince minutos aproximadamente. Finalizado este entrenamiento previo, cada estudiante realiza tres actividades del programa TAI. Pasados tres meses, se vuelve a realizar la evaluación con los instrumentos descritos para, así, poder valorar los efectos del tratamiento. Con los estudiantes del grupo control se llevó a cabo el entrenamiento una vez finalizados los trabajos con el grupo experimental, puesto que éticamente la experiencia así lo requería

### Hipótesis

Teniendo en cuenta los planteamientos de este estudio, se espera que, una vez aplicado el programa de intervención, los sujetos que constituyen el grupo experimental frente a los del grupo control: a) mejoren significativamente en activación cortical, tanto en córtex central como en prefrontal izquierdo, b) aumenten significativamente la cantidad y calidad de la concentración, mejorando la efectividad total de la atención sostenida y c) mejoren significativamente la ejecución continua, y más específicamente, la inatención, la impulsividad, el tiempo de respuesta, la variabilidad y la hiperactividad.

### Resultados

Los datos aportados por el diseño utilizado en este estudio han sido analizados mediante varios ANCOVAS, tomando como covariados la edad, el CI y los niveles iniciales (pretest) de cada una de las variables. Como se ha indicado previamente, con la inclusión de estas tres covariadas se pretende controlar (al menos estadísticamente) el efecto de las mismas sobre la eficacia del programa de intervención. Los resultados se presentan para cada grupo de variables: activación cortical central (*Biocomp Cz*) y prefrontal (*Biocomp Fp1*), concentración (*D-2*) y déficit de atención con *TOVA* (inatención, impulsividad, tiempo de respuesta, hiperactividad). En la Tabla 1 se presentan los datos descriptivos de estas variables, para pretest y posttest.

**TABLA 1.** Medias y desviaciones típicas correspondientes a las variables activación cortical, concentración y déficit atencionales.

	Pretest				Postest			
	Grupo Control		Grupo Experimental		Grupo Control		Grupo Experimental	
	M	DT	M	DT	M	DT	M	DT
Activación cortical								
Central (Cz)	5,03	1,4	4,73	1,67	4,14	1,66	5,97	1,22
Prefrontal (Fp1)	5,28	1,36	4,03	1,7	4,38	1,35	5,73	1,44
Concentración								
D-2	58,78	23,82	44,59	25,83	52,56	23,28	79	21,72
Déficit atencionales								
Inatención	93,18	21,54	77,39	32,1	90,8	20,55	99,55	12,33
Impulsividad	93,87	13,87	86,56	31,73	87,18	32,16	104,73	13,28
Tiempo de respuesta	91,93	13,7	76,75	30,54	82,57	24,62	94,14	18,16
Variabilidad	88,81	13,84	81,17	32,08	78,5	24,84	98,7	15,64
Hiperactividad	-1,92	1,88	-3,25	2,81	-3,15	1,91	-0,38	2,3

*Activación cortical central (Cz) y prefrontal (Fp1)*

Los datos obtenidos indican que las variables edad y CI no explican significativamente la variabilidad observada ni en Cz ni Fp1, aunque sí es significativa la influencia de las puntuaciones iniciales (pretest) en ambas variables: Cz ( $F_{(1, 59)} = 18,39$ ;  $p = 0,000$ ;  $\eta^2 = 0,23$ ) y Fp1 ( $F_{(1, 59)} = 8,30$ ;  $p = 0,006$ ;  $\eta^2 = 0,12$ ).

Por lo que se refiere al efecto de la variable independiente, una vez descontados estadísticamente los efectos autorregresivos (niveles pretest), los resultados encontrados muestran diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos de sujetos para Cz ( $F_{(1, 59)} = 41,16$ ;  $p = 0,000$ ;  $\eta^2 = 0,41$ ) y para Fp1 ( $F_{(1, 58)} = 24,18$ ;  $p = 0,000$ ;  $\eta^2 = 0,29$ ). Además, siguiendo el criterio de Cohen aplicado al valor obtenido para eta cuadrado corregida, el tamaño del efecto de la intervención es moderado para Fp1 y moderado-grande para Cz. Las diferencias observadas, en todos los casos, van en la dirección de apoyar la efectividad del programa de intervención. Así, se observa que el grupo experimental, después de la intervención, muestra mayor activación cortical central (Cz) y mayor activación prefrontal izquierda (Fp1). Este mayor grado de activación explica los cambios de atención concentración y de control del comportamiento observados, y podría utilizarse como una generalización del efecto de los psicoestimulantes, puesto que, a diferencia de ellos, esta alternativa supone una modificación lenta pero más estable de la activación.

*Concentración (D-2)*

Los resultados aportados por los análisis de covarianza indican que las covariables edad y CI no explican la variabilidad existente entre los grupos control y experimental, aunque sí lo hace la puntuación de esta variable en el pretest ( $F_{(1, 35)} = 55,52$ ;  $p = 0,000$ ;  $\eta^2 = 0,61$ ). Por lo que se refiere a los efectos del tratamiento, una vez descontado estadísticamente el efecto autorregresivo (nivel pretest), se observan diferencias significativas entre GE y GC en el nivel de concentración después de la intervención ( $F_{(1, 35)} = 70,26$ ;  $p = 0,000$ ;  $\eta^2 = 0,66$ ), observándose, así mismo, un tamaño del efecto

del tratamiento muy elevado (un 66,8% de la variabilidad puede ser atribuible al tratamiento).

### *Test of variables of attention (TOVA)*

Los datos aportados por los análisis de covarianza, referentes a las variables medidas a través del *TOVA*, indican que el CI explica significativamente la variabilidad observada en inatención ( $F_{(1, 54)} = 4,29$ ;  $p = 0,04$ ;  $\eta^2 = 0,07$ ), y la edad explica la variabilidad observada en tiempo de respuesta ( $F_{(1, 54)} = 10,04$ ;  $p = 0,003$ ;  $\eta^2 = 0,15$ ). En las puntuaciones iniciales las diferencias son significativas en la variable hiperactividad ( $F_{(1, 54)} = 20,05$ ;  $p = 0,000$ ;  $\eta^2 = 0,27$ ).

Por lo que se refiere al efecto de la variable independiente, los resultados encontrados muestran diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos de sujetos en inatención ( $F_{(1, 54)} = 5,68$ ;  $p = 0,02$ ;  $\eta^2 = 0,09$ ), impulsividad ( $F_{(1, 54)} = 7,14$ ;  $p = 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,11$ ), tiempo de respuesta ( $F_{(1, 54)} = 9,88$ ;  $p = 0,003$ ;  $\eta^2 = 0,15$ ), variabilidad ( $F_{(1, 54)} = 19,03$ ;  $p = 0,000$ ;  $\eta^2 = 0,26$ ) e hiperactividad ( $F_{(1, 54)} = 52,39$ ;  $p = 0,000$ ;  $\eta^2 = 0,49$ ). Sin embargo, hay que indicar que a pesar de que el tratamiento genera diferencias estadísticamente significativas en las diferentes medidas del *TOVA*, el tamaño del efecto de la intervención es significativamente distinta. Así, se puede observar que mientras que el tratamiento es muy efectivo para la variable hiperactividad y moderadamente efectivo para variabilidad, el tamaño del efecto es moderado-pequeño para impulsividad, tiempo de respuesta e inatención. Con todo, las diferencias encontradas para las variables del *TOVA* nos indican que el tratamiento mejora la respuesta objetiva del estudiante y en todos los casos van en la dirección de apoyar la efectividad del programa de intervención. Así, se observa que el grupo experimental, después de la intervención, con respecto al control, muestra menor inatención, impulsividad, tiempo de respuesta, variabilidad y menor hiperactividad.

## **Discusión**

En este trabajo se trató de conocer el impacto de un modelo combinado de intervención, compuesto por terapia visual y entrenamiento en ejecución de tareas sobre los déficit de atención sostenida que muestran los escolares de edades comprendidas entre los 10 y los 16 años. El déficit atencional, cuando se plantea desde un enfoque biológico, sugiere la presencia de un desequilibrio a nivel bioquímico que precisa para su restablecimiento de apoyos farmacológicos (Martínez-León, 2006). Sin embargo, desde esta misma posición, autores como Evans y Abarbanel (1999) afirman que sujetos con problemas de atención sostenida tienden a producir, por razones diversas, un exceso de ondas theta, delta y alfa. Por tanto, entrenar el área de la corteza subcallosa proyecta conexiones y permite reflejar cómo el cerebro está operando (Robbins, 2000), lo cual ha dado lugar a la terapia de neurofeedback, con resultados exitosos y estables a lo largo del tiempo (Monastra *et al.*, 1999). Y esta es la orientación que se ha tenido en cuenta para fundamentar esta investigación, puesto que defiende un modelo de atención activo y constructivo, que permite a cada sujeto generar un potencial atencional propio (Álvarez *et al.*, 2007b). Dicho potencial se puede alcanzar a través de la estimulación

cortical directa (neurofeedback EEG) y de la práctica continuada (TAI) para, de esta forma, darle a la activación alcanzada con el EEG una vertiente aplicada que incida directamente en el rendimiento escolar.

El *EEG Spectrum* modifica los niveles de activación cortical con juegos interactivos que precisan, para su puesta en marcha y para su mantenimiento, de un nivel de activación programado en función de las posibilidades reales de cada sujeto. La eficacia de este tipo de intervención se suele contrastar habitualmente a través de pruebas de ejecución continua (Flink y Turek, 2003), tipo *TOVA*, pero en la práctica, parece mucho más operativo tener la posibilidad de valorar los cambios reales de activación que puede alcanzar cada sujeto entrenado, puesto que esta medida va a permitir comprobar, como afirman Lubar, White, Swartwood y Swartwood (1999), si es más o menos eficaz que el apoyo farmacológico. Como el entrenamiento con neurofeedback, según Lubar (1995), trata de disminuir la actividad theta (4-8 Hz) y aumentar la actividad beta (16-20Hz), es preciso controlar el cambio de ambas ondas de EEG a la vez. Cuanto más se acerque la theta a la beta mayor grado de activación, cuanto más se alejen menor grado de activación. Por tanto, si la relación entre ambas ondas de EEG en Cz es inferior al 50% es claro el déficit de atención sostenida, si además esto ocurre en Fp1, el déficit de atención irá asociado a una dificultad manifiesta para el control de la ejecución. El entrenamiento llevado a cabo en nuestra investigación con el *EEG Spectrum* aumenta la activación cortical de manera significativa en el córtex central y en prefrontal izquierdo, por lo que cabría esperar que los sujetos del grupo experimental mejorasen la calidad de la atención y el control de la ejecución. Estas mejoras, si efectivamente son significativas, deben detectarse a través de tareas de ejecución continua. Según los resultados obtenidos en el estudio, en el *TOVA* este cambio es evidente. Los sujetos que mejoran la activación cortical presentan menos omisiones, son menos impulsivos y disminuyen el grado de hiperactividad (tiempo de respuesta de la primera mitad, de la segunda mitad y variabilidad total). Ahora bien, en la práctica, ¿este cambio es suficiente?, ¿sólo es evidente en estudiantes con un déficit de atención moderado o también ocurre en casos de déficits extremos?, ¿necesitarían estos estudiantes un apoyo farmacológico colateral o el entrenamiento en neurofeedback será suficiente? La respuesta a estos interrogantes necesitará de una investigación más ajustada, en la que el grupo control reciba apoyo farmacológico y el grupo experimental solo estimulación con neurofeedback. Ya existen trabajos en este sentido (Rossiter, 2004; Rossiter y La Vaque, 1995), pero no manejan los umbrales de activación alcanzados a través de la ratio beta-theta, sino exclusivamente a través de pruebas de ejecución continua. No obstante, la mejora de la activación cortical por sí misma no tiene por qué traducirse en una mejora académica, de ahí que, además del entrenamiento con neurofeedback, se introduzcan en esta investigación las TAI, encaminadas a mejorar no solamente los tiempos de concentración sino también la calidad de la atención sostenida, tanto desde el punto de vista cognitivo, como estratégico y motivacional. Estas actividades, en papel y lápiz y lenguaje informático, desarrollan habilidades de memoria (reproducir y asociar modelos mentales), comprensión (seleccionar, relacionar y ejemplificar contenidos) y aplicación (ordenar, secuenciar y clasificar elementos concretos), y cuando se ejecutan correctamente, el sujeto recibe un feedback contingente a la realización de la

tarea y sí, además, realiza sin error el 80% de las actividades de cada objetivo, puede pasar al objetivo siguiente. Con estas actividades se pretende que la mejora atencional se traduzca en una mejora académica. Según los datos obtenidos, dicha mejora es perceptible en pruebas de papel y lápiz, como el *D-2*, en el que los estudiantes del grupo experimental obtienen diferencias muy significativas con respecto a los del grupo control. Los sujetos entrenados tienen muchas menos comisiones, lo que da lugar a una mejora de la seguridad y confianza en sus posibilidades.

Con todo, de cara a la generalización de estos datos, sería preciso contrastarlos, como hacen Miranda, Jarque y Rosel (2006), por ejemplo, con alguna escala de estimación de los profesores, con las calificaciones escolares obtenidas antes y después de la intervención, con la ejecución en los exámenes (número de preguntas dejadas en blanco, número de preguntas realizadas, extensión de las mismas, etc.), lo que daría una visión mucho más ajustada de la calidad y cantidad de la concentración en el contexto escolar. Finalmente, con este trabajo se ofrecen, por un lado, datos novedosos en cuanto a la evaluación de la activación cortical a través de la ratio beta/theta, pero también, por otro lado, se presenta una intervención combinada, cuyos efectos deberían plasmar-se en el ámbito escolar. De todas formas, las conclusiones obtenidas deben tomarse con la cautela necesaria, ya que se han elaborado con una muestra reducida y con alumnos con déficit atencionales moderados. Por tanto, sin duda, son necesarios nuevos estudios que amplíen la muestra en número, a otros ámbitos y a poblaciones clínicas.

### Referencias

- Álvarez, L. y González-Castro, P. (2004). *¡Fíjate y Concéntrate más! ... para que atiendas mejor. Nivel 1, 2, 3 y 4*. Madrid: CEPE.
- Álvarez, L., González-Castro, P., Núñez, J.C., González-Pienda, J.A., Álvarez, D. y Bernardo, A. (2007a). Desarrollo de los procesos atencionales mediante «actividades adaptadas». *Papeles del Psicólogo* 28, 211-217.
- Álvarez, L., González-Castro, P., Núñez, J.C., González-Pienda, J.A., Álvarez, D. y Bernardo, A. (2007b). Programa de intervención multimodal para la mejora de los déficits de atención. *Psicothema*, 19, 591-598.
- Álvarez, L., González-Castro, P., Redondo, J.J. y Busquets, F. (2004). *¡Fíjate y Concéntrate más!...para que atiendas mejor. CD 1, 2, 3 y 4*. Madrid: CEPE.
- American Biotech Corporation (2000). *Attention deficit disorder in children and teenagers*. Nueva York: American Biotech Training Material.
- Angelakis, E., Lubar, J.F. y Stathopoulou, S. (2004). Electroencephalographic peak alpha frequency correlates of cognitive traits. *Neuroscience Letters*, 371, 60-63.
- Angelakis, E., Lubar, J.F., Stathopoulou, S. y Kounios, J. (2004). Peak alpha frequency: An electroencephalographic measure of cognitive preparedness. *Clinical Neurophysiology*, 115, 887-897.
- Barkley, R.A. (2006). *Attention deficit hyperactivity disorders: A handbook for diagnosis and treatment* (3ª ed.). Nueva York: Guilford Press.
- Berthiaume, K.S. (2006). Story comprehension and academic deficits in children with attention deficit hyperactivity disorder: What is the connection? *School Psychology Review*, 35, 309-323.
- Brickenkamp, R. (2002). *D-2 Test de atención*. Madrid: TEA

- Cartozzo, H.A., Jacobs, D. y Gevartz, R.N. (1995). EEG biofeedback and the remediation of ADHD symptomatology: A controlled treatment outcome study. *Proceedings of the 26<sup>th</sup> annual Meeting of the Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback, USA*, 21-25.
- Conners, C.K. (1997). *Conners Rating Scales-Revised*. Toronto, Ontario: Multi-Health Systems.
- Duncan, J. y Owen, A.M. (2000). Common regions of the human frontal lobe recruited by diverse cognitive demands. *Trends in Neuroscience*, 23, 475-482.
- DuPaul, G.J. y Eckert, T. (1997) The effects of school based interventions for attention deficit hyperactivity disorder: A meta analysis. *School Psychology Review*, 26, 5-27.
- DuPaul, G.J., Jitendra, A.K., Tresco, K.E., Vile Junod, R.E., Volpe, R.J. y Lutz, J.G. (2006). Children with attention deficit hyperactivity disorder: Are there gender differences in school functioning? *School Psychology Review*, 35, 292-308.
- Evans, J.R. y Abarbanel, A. (1999). *Introduction to quantitative EEG and neurofeedback*. San Diego, CA: Academic Press.
- Flink, R.W. y Turek, C. (2003). Glucose effects on a continuous performance test of attention in adults. *Behavioural Brain Research*, 142, 217-228.
- Gratch, L.O. (2000). *El trastorno por déficit de atención (ADD-ADHD)*. Buenos Aires: Panamericana.
- Greenberg, M.L. (1996). *Test of variables of attention (TOVA-V, TOVA-A)*. Los Alamitos, CA: U.A.D.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Lubar, J.F. (1993). Innovation or inquisition: The struggle for ascent in the court of science. Neurofeedback and ADHD. *Biofeedback*, 21, 23-30.
- Lubar, J.F. (1995). Neurofeedback for the Management of Attention-Deficit / Hyperactivity Disorders. En M.S. Schwartz (Ed.), *Biofeedback. A Practitioner's Guide* (2<sup>a</sup> ed.) (pp. 493-522). Nueva York: The Guilford Press.
- Lubar, J.O. y Lubar, J.F. (1984). Electroencephalographic biofeedback of SMR and beta for treatment of attention deficit disorders in a clinical setting. *Biofeedback Self-Regulation*, 9, 1-23.
- Lubar, J.F., Swartwood, M.O., Swartwood, J.N. y O'Donnell, P. (1995). Evaluation of the effectiveness of EEG neurofeedback training for ADHD in a clinical setting as measured by changes in T.O.V.A. scores, behavioural ratings and WISC-R performance. *Biofeedback Self-Regulation*, 20, 83-99.
- Lubar, J.F., White, J.N., Swartwood M.O. y Swartwood, J.N. (1999). Methylphenidate effects on global and complex measures of EEG. *Pediatric Neurology*, 21, 633-637.
- Martínez-León, N.C. (2006). Psicopatología del trastorno por déficit atencional e hiperactividad. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 6, 379-399.
- May, C.P. (1999). Synchrony effects in cognition: The costs and a benefit. *Psychonomic Bulletin & Review*, 6, 142-147.
- Merrell, C. y Tymms, P.B. (2001). Inattention, hyperactivity and impulsiveness: Their impact on academic achievement and progress. *British Journal of Educational Psychology*, 71, 43-56.
- Miranda, A., García, R. y Soriano, M. (2005). Habilidades narrativas de los niños con trastorno por déficit de atención con hiperactividad. *Psicothema*, 17, 227-232.
- Miranda, A., Jarque, S. y Rosel, J. (2006). Treatment of children with ADHD: Psychopedagogical program at school versus psychostimulant medication. *Psicothema*, 18, 335-341.
- Monastra, V., Lubar, J., Linden, M., VanDeusen, P., Green, G., Wing, W., Arthur, P. y Fenger, T. (1999). Assessing Attention Deficit Hyperactivity Disorder via quantitative electroencephalography: An initial validation study. *Neuropsychology*, 13, 3-20.

- Montero, I. y León, O.G. (2007). Guía para nombrar los estudios de investigación en Psicología. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 7, 847-862.
- Othmer, S., Othmer, S.F. y Kaise, D. (2000). *EEG biofeedback: A generalized approach to neuroregulation*. California: EEG Spectrum, Inc.
- Othmer, S., Othmer, S.F. y Marks, C.S. (1991). *EEG biofeedback training for attention deficit disorder, specific learning disabilities and associated conduct problems*. California: EEG Spectrum, Inc.
- Parasuraman, R., Warm, J.S. y See, J.E. (1998). Brain systems of vigilance. En R. Parasuraman (Ed.), *The Attentive Brain* (pp. 221-256). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Phaf, R.H., Van der Heijden, A.H.C. y Hudson, P.T. (1990). SLAM: A connectionist model for attention in visual selection tasks. *Cognitive Psychology*, 22, 273-341.
- Posner, M.I. y DiGirolamo, G.J. (1998). Executive attention. Conflict, target detection and cognitive control. En R. Parasuraman (Ed.), *The attentive brain* (pp. 401-423). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Rabiner, D. y Coie, J.D. (2000). Early attention problems and children's reading achievement: A longitudinal investigation. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 39, 859-867.
- Ramos-Alvarez, M.M., Valdés-Conroy, B. y Catena, A. (2006). Criteria of the peer-review process for publication of experimental and quasi-experimental research in Psychology. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 6, 773-787.
- Robbins, J. (2000). *A symphony on the brain: The evolution of de new brain wave biofeedback*. Nueva York: Atlantic Monthly Press.
- Rohde, L., Barbosa, G., Polancyk, G., Eizinick, M., Rasmussen, E.R., Newman, R.J. y Todd, R.D. (2001). Factor and latent class Analysis of DSM-IV ADHD symptoms in a school sample of Brazilian adolescent. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 40, 711-718.
- Rossiter, T. (2004). The effectiveness of neurofeedback and stimulant drug in treating AD/HD: Part I. Review of methodological Issues. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 29, 95-112.
- Rossiter, T.R. y La Vaque, T.J. (1995). A comparison of EEG biofeedback and psychostimulants in treating attention deficit hyperactivity disorders. *Journal of Neurotherapy*, 3, 48-59.
- Scheinbaum, S., Zecker, S., Newton, C.J. y Rosenfeld, P. (1995). A controlled study of EEG biofeedback as a treatment for attention-deficit disorders. *Proceedings of the 26<sup>th</sup> annual Meeting of the Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback, USA*, 131-134.
- Servera, M. (1999). Alteraciones atencionales. En E. Munar, J. Roselló y A. Sánchez-Cabaco (Eds.), *Atención y percepción* (pp. 151-178). Madrid: Alianza editorial.
- Servera, M. y Cardo, E. (2006). Children sustained attention task (CSAT): Normative, reliability, and validity data. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 6, 697-707.
- Swanson, J.M. (2003). SNAP-IV Teacher and Parent Rating Scale. En A. Fine y R. Kotkin (Eds.), *Therapist guide to learning and attention disorders* (pp. 487-500). Nueva York: Academic Press.
- Swartwood, J.N., Swartwood, M.O., Lubar, J.F. y Timmerman, D.L. (2003). EEG differences in ADHD-combines type during baseline and cognitive tasks. *Pediatric Neurology*, 28, 199-204.
- Tansey, M.A. (1993). Ten-year stability of EEG biofeedback results for a hyperactive boy who failed fourth grade perceptually impaired class. *Biofeedback and Self-Regulation*, 18, 33-44.

- Terman, L. M. y Merrill, M. A. (1976). *Medida de la inteligencia* (9ª edición renovada). Madrid: Espasa-Calpe.
- Toomin, H. (2002). Neurofeedback with hemoencephalography. *Explore for the Professional*, 11, 19-21.
- Valencia-García, R. y Andrade-Palos, P. (2005). Validez del *Youth Self Report* para problemas de conducta en niños mexicanos. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 5, 499-520.
- Willcutt, E.G. y Pennington, B.F. (2000). Comorbidity of reading disabilities and attention-deficit/hyperactivity disorder: Differences by gender and subtypes. *Behavior Research Therapy*, 31, 701-710.