

INFLUENCIA DEL RUIDO DE FONDO EN AMBIENTES UNIVERSITARIOS SOBRE LOS PROCESOS COGNITIVOS BÁSICOS.

Edgar Tristán H. , Ignacio Pavón G., Juan Manuel López N.

Centro de acústica aplicada y evaluación no destructiva (CAEND), Universidad Politécnica de Madrid,
eddie_gallo@hotmail.com, ignacio.pavon@upm.es, juanmanuel.lopez@upm.es

Resumen

En este trabajo, se presenta un estudio cuyo objetivo fue determinar la influencia del ruido de fondo producido dentro de instalaciones universitarias sobre procesos cognitivos básicos tales como: la percepción y la atención. Se realizaron grabaciones de ruido de fondo en aulas de clase, bibliotecas, etc., para luego exponer a estudiantes universitarios a estos ambientes sonoros. Se registró la actividad cerebral a través de electroencefalografías (EEG), estudiando los cambios en las bandas de frecuencia relacionadas con procesos atencionales (beta 13-30 Hz. y theta 4-7 Hz.). Los resultados preliminares aquí presentados, muestran un decremento en estas bandas al exponer a los voluntarios a ruido de fondo. Así mismo, se aplicó una prueba psicométrica para determinar cambios en la atención. Los resultados obtenidos en esta prueba, no permiten relacionar directamente la influencia del ruido de fondo sobre los procesos atencionales.

Palabras-clave: ruido, procesos, cognitivos, estudiantes, universitarios.

Abstract

In this work, a study was conducted to determine the influence of background noise produced inside university facilities on cognitive basic processes, such as perception and attention. Recordings of background noise in classrooms, libraries, etc., were carried out and reproduced later on amongst university students. Their brain activity was registered through electroencephalograms (EEG) to study changes in the frequency bands related to attentional processes (beta 13-30 Hz. and theta 4-7 Hz.). Preliminary results show that when the students were exposed to background noise, both frequency bands decreased. Furthermore, a psychometric test of attention was applied to the participants. The results obtained from this test don't allow to come to the conclusion that background noise produced inside university facilities has an influence on the attentional process.

Keywords: noise, cognitive, students, university, attention.

PACS no. 43.50.Qp, 43.50.Rq

1 Introducción

El ruido producido dentro de las instalaciones universitarias y su influencia sobre la calidad de vida de los estudiantes universitarios al realizar sus actividades dentro de los diferentes espacios destinados a la enseñanza, es un tema poco tomado en cuenta. Normalmente, la principal fuente de ruido suele ser

producida por los mismos estudiantes y cuyos niveles registrados suelen estar por encima de los valores recomendados [1,2]. Sin duda alguna, el ruido es un factor determinante en el desarrollo del estudiante ya que este contaminante tiene consecuencias directas en la memoria y la atención [3], pudiendo esto afectar directamente en el rendimiento académico.

El diagnóstico de problemas de atención en estudiantes universitarios, resulta verdaderamente complejo de diagnosticar, ya que, este trastorno se va desarrollando a lo largo de la vida de las personas y envuelve muchos factores ajenos al tema del ruido. Estudios estiman que el porcentaje de casos clínicos en nivel universitario es del 2 al 4% y que entre el 25 y 40% presentan conflictos cognitivos como son problemas de memoria y fallo en la atención sostenida [4-6].

Investigaciones evidencian los efectos que el ruido puede tener sobre la atención y la memoria de las personas. En su mayoría, estos estudios valoran el rendimiento en tareas de atención y recuerdo. Los resultados en estos estudios muestran variaciones considerables unos de otros, mostrando que estas son influenciadas por diferentes factores característicos en las metodologías de experimentación que se usa para cada investigación. Se observan aspectos con tareas que incluyen recuerdo libre o recuerdo ordenado, número de ítems, duración de las palabras, relación semántica entre palabras y la dificultad de las pruebas. Así mismo, otro factor influyente es la condición de sonido empleada, por ejemplo el nivel de intensidad, tipo de fuente de ruido (ruido rosa, ruido blanco, tonos puros) y duración [7-11]. El ruido ambiental también ha sido usado como estímulo auditivo mostrando la influencia negativa sobre la atención y la memoria [12-14].

En general se concluye que el ruido no puede ser considerado como un efecto beneficioso para mejorar el rendimiento atencional. Hay concordancia en cuanto a que el ruido sea del tipo que sea o de cualquier intensidad, tiene repercusiones en el rendimiento de los sujetos investigados.

Sin duda alguna, el cerebro y las ondas producidas por este, son la fuente de información más completa y fiable, la cual, ayuda a comprender de mejor manera los diferentes comportamientos del ser humano.

Las ondas *alfa* (8-12 Hz.) son unas de las más estudiadas en procesos cognitivos. *Alfa* es muchas veces medida durante periodos de descanso o en modo basal. De este modo se torna difícil poder realizar tareas visuales en las que se pueda evaluar procesos cognitivos básicos [15]. No así *theta* (4-7 Hz.), que es una onda cerebral presente con los ojos abiertos. Está relacionada con la memoria, dificultad de las tareas, reconocimiento previo de estímulos, estímulos nuevos, atención y tiempo de reacción [16,17]. Esta oscilación está fuertemente relacionada en la codificación y recuperación en la mayoría de los procesos cognitivos básicos [18,19]. Así mismo *beta* (13-30 Hz.), es una onda muy presente en estado de actividad cerebral. Generalmente cuando se está en periodo de reposo, las ondas *alfa* tienden a ser las dominantes, sin embargo, cuando la persona se concentra en una tarea específica o un trabajo mental, las ondas *alfa* son sustituidas por ondas *beta*. Este sería el estado normal del cerebro o lo que también se le puede llamar el estado de vigilia.

La literatura nos muestra la relación de las ondas cerebrales con los procesos de atención. El aspecto de mejora atencional y de memoria, visto desde el lado neurológico, se asocia a un incremento de las ondas *theta* y *beta* [20-23], y a un incremento del ratio *theta/beta* y *theta/alfa* [24,25].

Las investigaciones realizadas en las cuales se ve implicado el sonido como principal estímulo y en donde los resultados son estudiados por las grabaciones de electroencefalografías (EEG), se centran principalmente en temas como los *trastornos del sueño* [26-29], *procesamiento y reconocimiento del habla* [30-36], y *procesos cognitivos* [37-39]. En estos estudios se pueden observar similitudes en las condiciones de sonido a las que se les expone a los sujetos estudiados siendo el principal estímulo sonoro el ruido blanco a diferentes niveles de intensidad y en condiciones de silencio y ruido.

2 Alcance del estudio

El presente trabajo tiene como objetivo evidenciar el efecto del ruido de fondo producido dentro de las instalaciones educativas a nivel universitario, sobre los procesos cognitivos básicos como lo son, la atención y percepción. Se pretende tener un mayor conocimiento de las consecuencias que este contaminante tiene sobre la salud psicológica de estudiantes de nivel universitario, a través del estudio del comportamiento cerebral con y sin exposición a ruido, teniendo como principal herramienta el electroencefalograma (EEG).

Debido a que las ondas alfa prácticamente desaparecen con los ojos abiertos, hemos decidido solo estudiar posibles cambios en las ondas beta y theta. Estas ondas están perfectamente relacionadas con aspectos atencionales y es posible estudiarlas en estado de vigilia. De este modo se busca evidenciar una posible relación directa de la exposición al ruido con influencias negativas en la atención, es decir, *“si un individuo es expuesto a ruido de fondo durante la realización de una tarea específica, la actividad de beta y theta decrementará”*.

3 Definiciones

3.1 Atención y memoria

La cognición puede ser definida como el conjunto de procesos que transforman a las entradas sensoriales, las reducen, elaboran, almacenan y recuperan [40]. Existen procesos cognitivos básicos como lo son la atención, la memoria, entre otras.

Por otro lado, *la atención* es un proceso mental que permite la concentración en un determinado estímulo o información relevante. La atención selectiva requiere la concentración en un estímulo o información mientras se inhiben las respuestas a otros estímulos distractores. Es aquí dónde el ruido funge como estímulo distractor.

3.2 Electroencefalograma (EEG)

Se sabe que el cerebro emite impulsos eléctricos muy pequeños los cuales se pueden registrar hasta en micro voltios. Estos impulsos pueden ser medidos a través de un equipo que registra estos impulsos llamado electroencefalograma (EEG). Este aparato cuenta con electrodos que se colocan en el cuero cabelludo de los individuos a examinar y que a su vez transmite la información al equipo de EEG a través de un amplificador. Los potenciales eléctricos derivados de la actividad cortical son amplificados hasta 10 millones de veces. El EEG detecta impulsos y registra los datos en la memoria de un ordenador para posteriormente hacer uso de estos para su interpretación. Este equipo puede ser equipado con diferentes tipos de filtros para poder registrar diferentes tipos de ondas cerebrales.

3.3 Ondas cerebrales

Las ondas cerebrales se evalúan de acuerdo a su frecuencia y amplitud. Las ondas cerebrales mas estudiadas son las ondas alfa, theta, delta y beta

Las ondas *delta* tienen su frecuencia entre 0 y 4 Hz. Esta es asociada con el sueño profundo y alcanza mayor amplitud en los cuadrantes posteriores.

Por otro lado, las ondas *theta*, son conocidas por tener una frecuencia entre 4 y 7 Hz. Están asociadas con la somnolencia o el proceso para llegar al sueño. Estas son producidas con mayor potencia en el área fronto-centro-temporal.

Las ondas *alfa* tienen una frecuencias entre 8 y 12 Hz y predominan en estado de relajación con los ojos cerrados. Estas son localizadas principalmente en la parte occipital.

La frecuencias de las ondas *beta* están entre 13 y 30 Hz y predominan en las áreas frontales y frontales superiores. Están asociadas a la atención enfocada, así como en el pensamiento activo.

4 Metodología

4.1 Participantes

En este estudio participaron un total de 33 estudiantes universitarios (17 hombres y 16 mujeres) de diferentes universidades de la Comunidad de Madrid, España, con edades entre 19 y 34 años de edad, los cuales previamente a los experimentos firmaron un formulario de consentimiento. 12 de los participantes cursaban estudios universitarios de primer ciclo, 9 eran estudiantes de master y 12 estudiantes de doctorado (ver Tabla 1). Antes del experimento se evaluó su estado actual de salud auditiva por medio de audiometrías. Para esto, se siguió la norma *AS ISO 8253.1-2009 Audiometric test methods, Part 1: Basic pure tone air and bone conduction threshold audiometry* [41]. Los participantes no debían exceder 20 dB en el rango de frecuencias entre 125 y 8kHz.

Tabla 1 – Situación de los participantes

<i>Sexo</i>	<i>N</i>	<i>Edad</i>	<i>Nivel educativo</i>	<i>N</i>
Masculino	17	19-34	Estudios de primer ciclo	12
Femenino	16	21-32	Estudios de Master	9
			Estudios de doctorado	12

4.2 Equipo

4.2.1 Equipo de grabación y reproducción de ambientes sonoros

Los ambientes sonoros fueron grabados con una grabadora portátil marca Zoom H4n. Estas grabaciones fueron grabadas en formato WAV a 16-bit y 44.1 kHz., las cuales, fueron reproducidas usando el software Pro Tools D9 a través de una tarjeta de audio Mackie Onyx Satellite. Para la escucha de los audios, se usaron auriculares Sennheiser CX 985.

La calibración de la grabadora fue realizada en condiciones sonoras controladas, en este caso una cámara anecoica.

4.2.2 Equipo de EEG

Para la grabación de la actividad eléctrica cortical, se utilizó un equipo de EEG modelo *Brainquiry PET EEG 2.0 neurofeedback equipment* con 5 electrodos activos. Este equipo tiene la característica de ser portátil e inalámbrico. Por otro lado, el software utilizado para la captura y procesado de los datos fue Bioexplorer V. 1.5.

Para el registro de la actividad cerebral se tomaron los siguientes parámetros de control: filtros de banda: theta, alfa, beta; resolución: 500 ms; sensibilidad: 100 μ V; presentación de las frecuencias: 0-45 Hz; gráfica de banda de la frecuencia media: 3-30 Hz y gráfica de banda del total del EEG.

4.2.3 Test de Toulouse-Pieròn

La evaluación de la atención fue hecha a través de una prueba comúnmente usada para la evaluación de la atención llamada prueba de Toulouse-Pieròn. Este test se trata de pequeños cuadrados con guiones que los orientan. La tarea consiste en tachar, durante 10 minutos, el mayor número de cuadros posibles que tengan el guión en la misma posición que los modelos presentados. El test proporciona tres indicadores de la eficacia con la que se ha realizado la tarea (PD): aciertos (A), errores (E) y omisiones (O). Una vez obtenida esta puntuación es posible clasificar el desempeño de los participantes con la siguiente fórmula:

$$PD = A - (E + O) \quad (1)$$

Estos baremos son clasificados de acuerdo a tres grupos normativos: a) nivel escolar; b) nivel profesional y c) nivel cultural. En este caso hemos escogido el grupo de acuerdo al nivel cultural de los participantes. Hemos escogido el nivel más alto (NC-3) y es aplicado a grupos de personas (varones y mujeres) definidas como “*profesionales que cursan o han terminado nivel superior universitario*”.

4.2.4 Exposición sonora

La exposición del ruido se realizó por medio de auriculares. El nivel de salida fue controlado por el preamplificador de la tarjeta de audio mencionada anteriormente. La calibración del nivel de salida de los auriculares fue utilizando un HATS (Head and Torso Simulator) Type 4128C. La señal de entrada fue analizada por medio de la plataforma PULSE LABSHOP 15, controlado por la unidad de adquisición de datos Portable PULSE - 3560C (Figura 1).



Figura 1 – Calibración de la señal de salida

5 Grabación de ambientes sonoros

Para este trabajo escogimos solo los lugares usados más comúnmente para el desarrollo de actividades de estudio: una aula de clases durante un examen, otra durante la aplicación de un examen, un pasillo y un hall adaptados como lugar de estudio, una biblioteca y una aula de informática (ver Tabla 2). El tiempo de reproducción de cada una de estas grabaciones fue de 2 minutos. Posteriormente, se hizo un análisis de estos ambientes utilizando la plataforma Pulse Reflex Special Version 16.0.0.500. Los niveles de presión sonora de estos ambientes están entre 68.1 y 83.5 dB.

Tabla 2 – Sonidos empleados en el experimento

	Ambiente sonoro					
	Aula (examen)	Biblioteca	Aula informática	Aula (clase)	Pasillo	Hall
Tiempo (min)	02:00	02:00	02:00	02:00	02:00	02:00
NPS (dB)	68.1	76.5	76	72.6	81.7	83.5

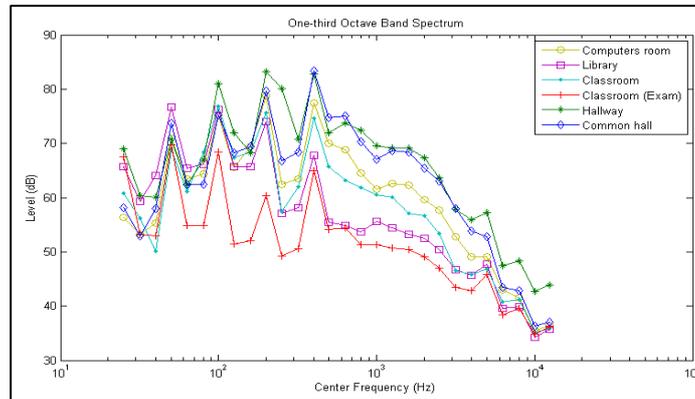


Figura 2 – Espectro de frecuencias de todos los ambientes sonoros grabados

6 Experimento

Los experimentos se realizaron en el Instituto de Acústica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en Madrid, España y en el Instituto de Neurociencias de la Universidad de Castilla y León (INCYL), en Salamanca, España. En Madrid, los voluntarios fueron situados dentro de una sala de audiometrías y en Salamanca en una sala especial para realizar este tipo de pruebas. En ambos escenarios se buscó evitar distractores tanto sonoros como visuales. El equipo de electroencefalografía y de reproducción de audio, se situó en la parte de afuera de la sala audiométrica en modo de sala de control.



Figura 3 – Colocación de los electrodos

Se pidió a los voluntarios sentarse frente a un escritorio en donde realizarían las pruebas psicométricas para proceder a colocar el equipo de EEG empezando por los electrodos. Estos electrodos son adhesivos y contienen un gel, el cual, sirve como transmisor de las señales eléctricas producidas por el cerebro. La colocación de los electrodos fue siguiendo la posición estándar según el sistema internacional 10-20 [42]. Los tres electrodos activos se colocaron en la parte frontal de la cabeza Fp, Fp1, Fp2. El electrodo de referencia sobre la apófisis mastoides del lado derecho A1 y electrodo

negativo sobre la apófisis mastoides de la izquierda A2 (Figura 3).

Mientras se realizaba la colocación de los electrodos, se les dio una explicación del procedimiento del experimento. Una vez terminada la colocación los electrodos en el voluntario se inició el experimento. El experimento con duración de 27 minutos, consistió en el registro de actividad cerebral por medio del EEG mientras se realizaba una tarea (test de Toulouse-Pieròn). Primeramente se realizó un registro en modo basal de 2.5 minutos (Figura 4-A). Después, se aplicó el test con ausencia de ruido (10 min.), seguido de un tiempo de descanso (2 min.). Una vez pasado este tiempo se volvió a aplicar el test, pero esta vez con exposición a ruido de fondo durante 10 minutos (Figura 4-B). Finalmente se realizó un último registro basal (2.5 min).

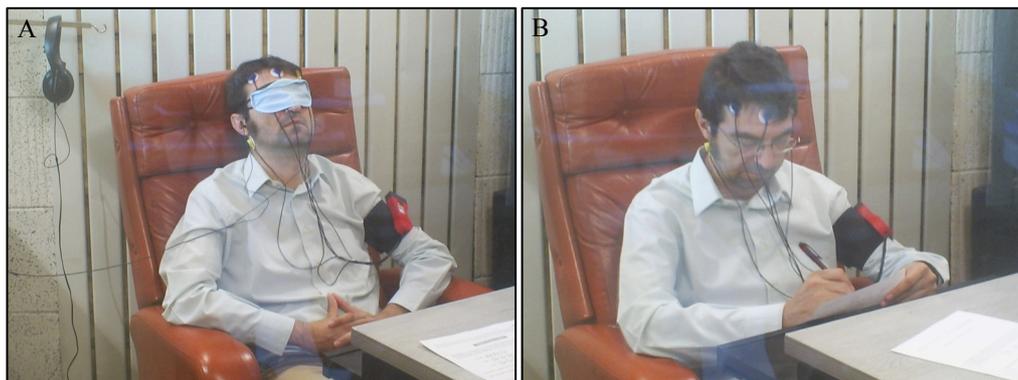


Figura 4 – Registro de EEG en modo basal (A) y aplicación del test de Toulouse-Pieròn durante un registro de EEG (B).

7 Resultados

7.1 Test de Toulouse-Pieròn

El test de Toulouse-Pieròn se aplicó sin ruido y con ruido para intentar localizar cambios en la atención.

Una de las primeras suposiciones era que, *el ruido generaría cambios negativos en la atención*. Contrario a esto, el 55% de los participantes incrementó su puntuación al ser expuesto a ruido. Sin embargo, los resultados (ver Tabla 3) nos indican que estos cambios entre pruebas sin ruido y con ruido de fondo no son significativos (valor $P=0.0945$, $R^2=0.08492$).

Por otro lado, evaluando respecto a los eneatis propuestos por los autores del test, podemos observar que un 40% de los participantes decrementó su nivel, un 36% lo incrementó y un 24% se mantuvo en el mismo eneatis.

De acuerdo a los resultados aquí obtenidos, es difícil estimar de manera “psicométrica”, un cambio importante en la atención bajo la influencia de ruido de fondo.

Tabla 3 – Comparación de la aplicación del test de Toulouse-Pieròn entre estados de silencio y ruido.

	Related differences					t	df	P	R squared
	Mean of diff.	S.D.	S.E.	95% CI					
				Lower	Upper				
Sin ruido vs. con ruido	-11.9	48.8117	33.852	-25.99	2.174	1.723	32	0.0945	0.8492

7.2 Cambios en las bandas beta y theta

Con la finalidad de estudiar la existencia de cambios en las bandas de frecuencia *beta* y *theta* al exponer a los participantes a ruido de fondo se ha realizado un análisis para determinar si los cambios son significativos entre los estados de silencio y ruido.

En la Figura 5, se muestra la tendencia general de los 33 participantes en la banda de frecuencias beta de 4-7 Hz (A) y la banda theta de 13-30 Hz (B) durante todo el tiempo de medida (600 segundos). Se observan cambios visibles en ambas bandas teniendo una tendencia a decrementar al exponer a los voluntarios a ruido de fondo.

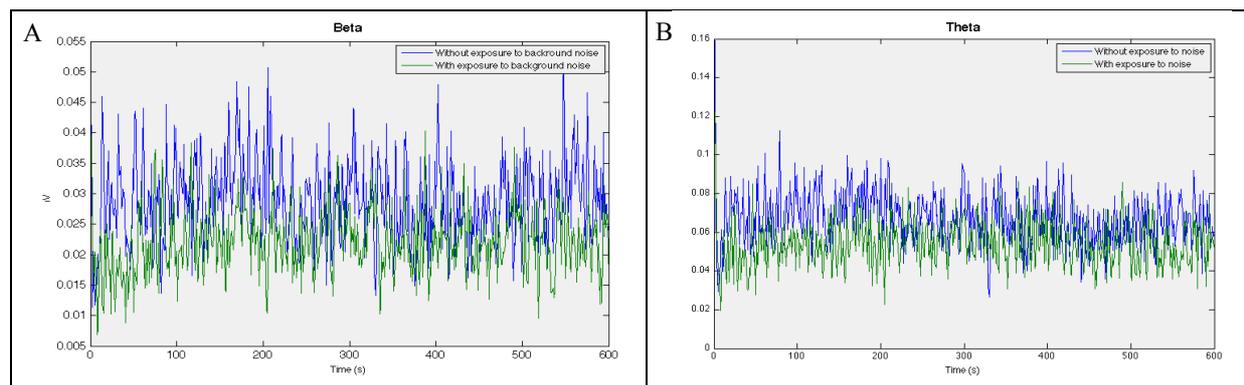


Figura 5 – Comportamiento general de la banda beta (A) y theta (B) de los 33 participantes con exposición y sin exposición a ruido de fondo.

Un resumen global de los resultados estadísticos es mostrado en la Tabla 4. Para la banda beta sin exposición a ruido de fondo, se observó un registro mínimo de $11.37\mu V$ y un máximo de $52.43\mu V$, así como una media de $28.81\mu V$. Por otro lado, al exponer a los participantes a ruido de fondo, se registro una amplitud mínima de $6.88\mu V$, una máxima de $40.3\mu V$ y una media $22.08\mu V$.

Para theta sin ruido se registró una mínima de $26.51\mu V$, una máxima de $159\mu V$ y una media $66.9\mu V$. Finalmente, para theta con ruido se obtuvo una mínima de $19.5\mu V$, máxima de $12.2\mu V$ y una media de $54.2\mu V$.

Tabla 4 – Resumen de los resultados del registro de EEG sin ruido y con ruido

Statistical values	Min.	Median	Max.	Mean	S.D.	S.E.	Low 95% CI	Up 95% CI
β sin ruido	0,01137	0,02835	0,05243	0,02881	0,006833	0,0002790	0,02826	0,02935
β con ruido	0,006887	0,02184	0,04030	0,02208	0,005302	0,0002164	0,02165	0,02251
Θ sin ruido	0,02651	0,06643	0,1590	0,06697	0,01368	0,0005584	0,06588	0,06807
Θ con ruido	0,01958	0,05326	0,1220	0,05420	0,01175	0,0004797	0,05325	0,05514

El análisis estadístico muestra que los cambios mencionados en ambas bandas, ya sea en decremento o incremento fueron altamente significativos (ver Tabla 5). Los cambios entre estado de silencio y ruido para la banda beta sin ruido vs beta con ruido durante todo el tiempo de medida, son significativos ($P < 0.0001$). La media de las diferencias entre pruebas fue de $6.72\mu V$.

Para el caso de theta, los cambios presentados sin exposición y con exposición a ruido de fondo también presentaron cambios significativos ($P < 0.0001$) y con una diferencia de $12.78\mu V$.

Tabla 5 – Tabla de diferencias entre los estados de silencio y ruido obtenidos para las bandas beta y theta.

	β sin ruido vs. β con ruido	Θ sin ruido vs. Θ con ruido
% of total variation	23,25	20,10
P value	< 0.0001	<0.0001
Significant?	Yes	Yes
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes	Yes
t, df	t=19.68 df=599	t=18.21 df=599
How big is the difference?		
Mean of differences	0,006726	0,01278
95% confidence interval	0.006056 to 0.007396	0.01140 to 0.01415

7.3 Decrementos en bandas beta y theta

De acuerdo a los resultados preliminares, se ha podido observar una disminución en las bandas beta y theta al exponer a ruido de fondo a los participantes. Un 67% de los voluntarios decrementó en la banda beta, mientras que en la banda theta el 76% de los voluntarios también tuvo un decremento (Figura 6).

Para el caso de beta, las diferencias entre el estado de silencio y ruido son altamente significativas entre ambas pruebas (valor P=0.0012). Así mismo, para la banda theta, los cambios son también significativos (valor P=0.0001). Los resultados son resumidos en la Tabla 6.

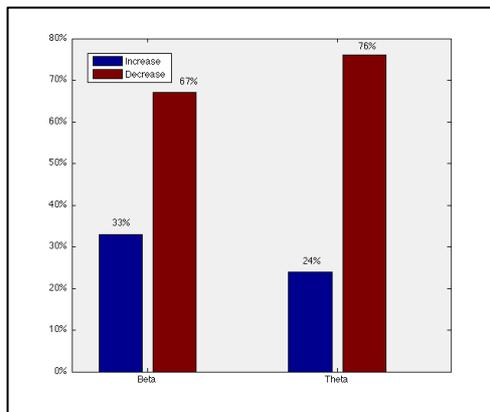


Figura 1 – Porcentaje de los cambios en las bandas beta y theta.

Tabla 6 – Tablas de diferencias entre estados de silencio y ruido de solo los participantes que presentaron decrementos en las bandas beta y theta.

	Related differences									
	Mean of diff.	S.D.	S.E.	95% CI		r	R ²	t	df	P
				Lower	Upper					
β Sin ruido vs. con ruido	0.01356	0.02003	0.01742	0.3292	0.8459	0.6593	0.4348	3.740	21	0.0012
θ Sin ruido vs. con ruido	0.02215	0.03294	0.02353	0.5347	0.8962	0.7717	0.5955	4.691	23	0.0001

8 Conclusiones.

En este trabajo hemos estudiado los efectos que tiene el ruido de fondo sobre la atención, especialmente en estudiantes universitarios.

Hemos aplicado una prueba psicométrica de atención a estudiantes universitarios; primero en modo de silencio y después con la exposición a ruido de fondo semejante al que se produce en ambientes sonoros universitarios. Mientras se realizaban estas pruebas se realizó un registro de EEG para observar el comportamiento que tiene el cerebro al verse expuesto a ruido durante la realización de una tarea.

La aplicación del tests de Toulouse-Pierón en estados de silencio y ruido, no trajo consigo resultados que nos permitan hacer una relación directa con la falta de atención producida por el ruido. Ya que se ha aplicado la misma prueba dos veces con un lapso pequeño de tiempo entre cada una, podríamos tomar en cuenta que, el factor “*memoria*” pudo haber influenciado para no detectar cambios significativos entre pruebas. De tal modo, creemos que de modo “*psicométrico*” se torna difícil poder hacer una evaluación correcta de la influencia que el ruido tiene sobre los procesos cognitivos.

Por otro lado, creemos que el registro de la actividad cerebral por medio del EEG nos muestra una idea mas clara de los efectos que el ruido puede tener sobre la salud cognitiva de las personas.

Las diferentes investigaciones realizadas a lo largo del tiempo, nos muestran la relación directa del aumento de ondas beta y theta con mejoras en la atención. De este modo, los registros hechos durante los experimentos, han revelado datos importantes que nos muestran una posible relación del efecto del ruido sobre la atención. Se pudo observar que al exponer a los participantes a ruidos de fondo, la producción de ondas tanto de beta como theta tiende a disminuir de manera significativa.

Esto puede ser un indicador para poder estudiar mas a fondo una relación directa con la exposición a ruido de fondo y la disminución de estas bandas de frecuencias y por lo tanto pensar en una posible afectación directa en la atención.

Agradecimientos

Agradecemos al doctorando en neurociencias Andrés Saldaña del Instituto de Neurociencias de la Universidad de Castilla y León, por su gran disponibilidad y colaboración en el desarrollo de los experimentos. Así mismo, por el esfuerzo realizado para poder hacer uso del equipo de electroencefalografía.

Referencias

- [1] Tristán, E.; Pavón, G.; López, J.M. Evaluation of acoustic quality in university facilities. *ISMA2010-USD2010 Conference*, Leuven, September 17-19, In proceedings.
- [2] Tristán, E.; Pavón, G.; López, J.M. University sound environments. *Euronoise 2012*, Prague, June 10-13, In proceedings, pp. 257–262.
- [3] Baker, M.A. & Holding, D.H. (1993). The effects of noise and speech on cognitive task performance. *Journal Gen Psycholog*, 120, pp. 339-355.
- [4] Ortiz S. y Jaimes, A.L. El trastorno por déficit de atención e hiperactividad en estudiantes universitarios. *Revista Facultad de Medicina, UNAM*, Vol. (50)3, Mayo-Junio, 2007.
- [5] Denckla, M.B. Attention deficit disorder residual type. *Journal of Child Neurology*, Supplement, , 1991, pp. 44-55.

- [6] Du Paul, G., Schaughency, E.; Weyandt, L.; Tripp, G.; Kiesner, J.; Ota, K. & Stanish, H. Self report of ADHD symptoms in university students: Cross-gender and cross-national prevalence. *Journal of Learning Disabilities*, Vol. 34, 2001, pp. 370-380.
- [7] Santiesteban, C.; Sebastian, E.M. y Santalla, Z. Efectos de Ruidos Cotidianos Sobre el Recuerdo. *Psicothema*, Vol. 6(3), 1994, pp. 403-416.
- [8] Berlyne, D.E.; Borsa, D.M.; Hamacher, J.H. y Koenig, I.D.V. Paired Associate Learning and the Timing of Arousal. *Journal of Experimental Psychology*, 72, 1966, pp. 1-6.
- [9] Haveman, J. y Farley, F.H. Arousal and Retention in Paired-Associate, Serial, and Free Learning. *Madison: Wisconsin Research and Development Center for Cognitive Learning*, 1969.
- [10] Hamilton, P.; Hockey, G.R.J. y Quinn, J.G. Information Selection Arousal and Memory, *British Journal of Psychology*, 63, 1972, pp. 181-189.
- [11] Smith, A.P. The Effects of Noise on Recall of Lists Associated Words. *Current Psychological Research and Reviews*, 4(1), 1985, pp. 17-21.
- [12] Smith, G.J. Effects of Limited-Bandwidth-Noise on the Recall of Words Presentad Orally. *Perceptual and Motor Skill*, 61(2), 1985, pp. 636-638.
- [13] Santalla, Z. y Santiesteban, C. Effects of Everyday Noises on a Short-Term Memory of Categorized Lists. *Proceeding of 8º FASE Symposium on Environmental Acoustics*, Zaragoza, 1989, pp. 207-210.
- [14] Li, S.; Cai, F.; Dai, X. y Guo, Y. Efects of Industrial Noise on Memory and Attention in Human. *Information on Psychological Sciences*, 6, 1985, pp. 45-50.
- [15] Jacobs, J.; Hwang, G.; Curran, T. and Kahanab, M.J. EEG oscillations and recognition memory: Theta correlates of memory retrieval and decision-making. *NeuroImage*, 32, 2006, pp. 978-987.
- [16] Klimesch, W.; Doppelmayr, M.; Schwaiger, J.; Winkler, T.; Gruber, W. Theta oscillations and the ERP old/new effect: independent phenomena? *Clin. Neurophysiol*, 111, 2000, pp. 781-793.
- [17] Klimesch, W.; Hanslmayr, S.; Sauseng, P.; Gruber, W.; Brozinsky, C.J.; Kroll, N.E.A. Oscillatory EEG correlates of episodic trace decay. *Cereb. Cortex* 16(2), 2006, pp. 280-290.
- [18] Lawrence, M. Ward. 'Synchronous neural oscillations and cognitive processes'. *Trends in Cognitive Sciences*, Volume 7, Issue 12, December, 2012, pp. 553-559.
- [19] Adrian, P.; Burgess, C.A. and Gruzelier, J.H. Short duration synchronization of human theta rhythm during recognition memory. *Neuro Report*, 8, 1988, pp. 1039-1042.
- [20] Basar, E.; Schurmann, M. and Sakowitz, O. The selectively distributed theta system: functions, *Int. J. Psychophysiol*, 39, 2001, pp. 197-212.
- [21] Dietl, T.; Dirlich, G.; Vogl, L.; Lechner, C. and Strian, F. Orienting response and frontal midline theta activity: a somatosensory spectral perturbation study, *Clin. Neurophysiol.*, 110, 1999, pp. 1204-1209.
- [22] Klimesch, W.; Doppelmayr, M.; Schimke, H. and Ripper, B. Theta synchronization and alpha desynchronization in a memory task, *Psychophysiol.*, 34, 1997, 169-176.
- [23] Klimesch, W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Res. Rev.*, 29, 1999, pp. Pp. 169-195.
- [24] Barry, R. J.; Clarke, A. R. and Johnstone, S. J. A review of electrophysiology in attention-deficit/hyperactivity disorder: I. Qualitative and quantitative electroencephalography. *Clin Neurophysiol*, 114(2), 2003, pp. 171-83.

- [25] Barry, R. J.; Johnstone, S. J. and Clarke, A. R. A review of electrophysiology in attention-deficit/hyperactivity disorder: II. Event-related potentials. *Clin Neurophysiol*, 114(2), 2003, pp.184-98.
- [26] Schapkin, S.A.; Falkenstein, M.; Marks A. and Griefahn, B. After effects of noise-induced sleep disturbances on inhibitory functions. *Life Sciences*, 78, 2006, pp.1135-1142.
- [27] Basner, M.; Samel, A. Nocturnal aircraft noise effects. *Noise and Health*, 6, 2005, pp. 83-93
- [28] Cote, K.A.; de Lugt, D.R. and Campbell, K.B. Changes in the scalp topography of event-related potentials and behavioural responses during the sleep onset period. *Psychophysiology*, 39, 2002, 29-37.
- [29] Griefahn, B.; Schuemer-Kohrs, A.; Schuemer, R.; Moehler, U.; Mehnert, P. Physiological, subjective, and behavioural responses during sleep to noise from rail and road traffic. *Noise and Health*, 3, 2000, pp. 59-71.
- [30] Shtyrov, Y.; Kujala, T.; Ahveninen, J.; Tervaniemi, M.; Alku, P.; Ilmoniemi, R.J. & Näätänen, R. Background acoustic noise and the hemispheric lateralization of speech processing in the human brain: magnetic mismatch negativity study. *Neurosci Lett*, 251, 1988, pp. 141-144.
- [31] Kujala, T. & Brattico E. Review article Detrimental noise effects on brain's speech functions. *Biological Psychology*, 81, 2009, pp. 135-143.
- [32] Bradlow, A.R.; Kraus, N. & Hayes, E. Speaking clearly for children with learning disabilities: sentence perception in noise. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46, 2003, pp. 80-97.
- [33] Cunningham, J.; Nicol, T.; Zecker, S.G.; Bradlow, A. & Kraus, N. Neurobiologic responses to speech in noise in children with learning problems: deficits and strategies for improvement, *Clinical Neurophysiology*, 112, 2001, pp. 758-767.
- [34] Cunningham, J.; Nicol, T.; King, C.; Zecker, S.G. & Kraus, N. Effects of noise and cue enhancement on neural responses to speech in auditory midbrain, thalamus, and cortex. *Hearing Research*, 2002, pp.169, pp. 97-111.
- [35] Martin, B.A.; Kurtzberg, D. & Stapells, D.R. The effects of decreased audibility produced by high-pass noise masking on N1 and the mismatch negativity to speech sounds /ba/ and /da/. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 42, 1999, pp. 271-286.
- [36] Kozou, H.; Kujala, T.; Shrytov, Y.; Toppila, E.; Starck, J.; Alku, P. & Näätänen, R. The effects of different types of occupational noises on processing of speech and non-speech sounds: an ERP study. *Hearing Research*, 199, 2005 , pp. 31-39.
- [37] Gazzaniga, M.S.; Ivry, R.B. & Mangun, G.R. (Eds.) Cognitive Neuroscience. The Biology of the Mind. *WW Norton & Company*, New York, 2002.
- [38] Gomes, L.; Pimenta, A. & Castelo, N. Effects of occupational exposure to low frequency noise on cognition. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 70, 1999, pp. A115-A118.
- [39] Näätänen, R. Mismatch negativity outside strong attentional focus: A commentary on Woldorff et al. *Psychophysiology*, 28, 1991, pp. 478-484.
- [40] Feldman, R. *Psicología*. México: McGraw-Hill-Interamericana, 2002.
- [41] AS ISO 8253.1-200 Audiometric test methods, Part 1: Basic pure tone air and bone conduction threshold audiometry.
- [42] Ernst Niedermeyer, Fernando Lopes da Silva. *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*, pp. 140, Lippincott Williams & Wilkins, 2004.