

## Efectos de los modos de presentación de información en la exactitud de la producción rítmica de estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria

### Effects of modes of presentation of information on the accurateness of rhythm production by Middle School students

Miguel A. Orts  
Máster de Investigació en Didácticas  
Específicas  
Facultat de Magisteri. U. de València  
[miguelangelorts@gmail.com](mailto:miguelangelorts@gmail.com)

Manuel Pérez Gil  
Dpt. de Didáctica de l'Expressió  
Musical, Plàstica i Corporal  
Universitat de València  
[manuel.perez-gil@uv.es](mailto:manuel.perez-gil@uv.es)

Jesús Tejada  
Dpt. de Didáctica de l'Expressió  
Musical, Plàstica i Corporal  
Universitat de València  
[jesus.tejada@uv.es](mailto:jesus.tejada@uv.es)

Recibido: 22-07-2014 Aceptado: 25-11-2014

#### Resumen

La presentación simultánea de información en diferentes modalidades perceptivas puede facilitar el aprendizaje de conceptos complejos y de procedimientos. Existe un número importante de trabajos sobre este tema en relación a diferentes áreas del currículo escolar. No obstante, en educación musical no existen muchos trabajos al respecto aun a pesar de que las ayudas visuales tienen, desde un punto de vista teórico, el potencial de facilitar la discriminación y la memoria auditiva mediante procesos asociativos, así como la mejora de destrezas motoras. Este trabajo ha intentado verificar si existe un efecto del modo de presentación uni-modal (tres modos exclusivos) versus bimodal (dos modos cruzados) en la reproducción de patrones rítmicos musicales. Para ello, se realizaron dos experimentos con alumnos de un Instituto de Educación Secundaria de la provincia de Valencia, España. En el primer experimento (N=50; 21 chicos y 29 chicas; 14-16 años) se realizó un diseño de contraste pretest-postest con cinco grupos. A cada grupo se le presentaron patrones rítmicos en un modo de presentación diferente: sólo imágenes estáticas que hacían flashes de acuerdo al patrón rítmico (V), sólo sonidos (A), sólo textos que representaban el patrón rítmico cuando se leía (T), sonidos e imágenes conjuntamente (AV), sonidos y texto conjuntamente (AT). En el segundo experimento (N=10; 3 chicos y 7 chicas; 16-18 años de edad) se realizó un diseño de medidas repetidas en el que a cada uno de los sujetos se le presentó la serie de patrones rítmicos en todos los modos antes descritos. Fueron medidas las covariables habilidades rítmicas, experiencias musicales previas, resultados académicos del curso anterior, preferencias sobre presentación de la información y sexo. Las tareas de test consistieron en escuchar 10 patrones propuestos, memorizarlos y reproducirlos motrizmente a través de un ordenador, el cual ejecutaba un programa informático ad hoc que facilitó los estímulos y la recogida y evaluación de los datos. Los resultados de ambos experimentos muestran una clara superioridad de los modos combinados (AV, AT) y de la presentación unimodal con audio (A) en la exactitud rítmica de las respuestas. En las conclusiones, se sugiere la utilidad de presentar la información rítmica sonora integrando otros medios junto al sonido en los procesos de enseñanza y aprendizaje del ritmo musical, tanto en actividades perceptivas como productivas.

**Palabras clave:** modalidades perceptivas, percepción y producción rítmica, educación musical.

#### Abstract

Presentation of information in combined perceptual modalities could facilitate both the learning of complex concepts and procedures. There is an important amount of studies on this subject related to several school curriculum areas. Although, this is not the case in music education, despite the visual helps might have the potential to facilitate aural discrimination and memory by means of associative processes, as well as the enhancement of motor skills. This study have tried to discover if there is an effect of unimodal presentation mode (three exclusive modes) versus bimodal presentation mode (two crossed modes) in the reproduction of musical rhythm patterns. To do this, two experiments were carried out with Middle School children in Valencia, Spain. In the first experiment (N50; 21 boys; 29 girls; 14-16 years old) a contrast pretest-posttest design was adopted. Subjects were grouped in five conditions, each having information in one different mode: only static images (I) flashing the rhythm according to the proposed rhythm patterns; only sounds (A); only on-screen texts (T) that represented the rhythm pattern when reading; sounds and static images together (AV) and sounds and texts together (AT). In the second experiment a repeated measures design was adopted (N=10; 3 boys and 7 girls; 16-18 years old). Each subject had to do the tests in all experimental conditions aforementioned. Some intervening variables were measured: previous rhythm skills, previous musical experiences, school achievement of last year, preferences on modes of information presentation and gender. Test tasks were to hear in turn 10 proposed rhythm patterns, memorized them, and imitate them by means of a computer key. The computer ran an ad hoc computer program that provided stimuli, data gathering and assessment of responses. Results of both experiments show statistical differences in favor of groups AV, AT (bimodal) and A (unimodal). It is suggested the advantage of presenting rhythm information with sound together with other means in the teaching and learning music processes.

**Keywords:** perceptual modalities, unimodal, bimodal, cross-modal, rhythm perception and production, music education.

## 1. Introducción

Las diferentes modalidades sensoriales permiten al ser humano captar y comprender el mundo. Por ello, es importante conocer las formas de procesamiento de estos modos sensoriales, sus sinergias y las modalidades preferidas de las personas (estilos cognitivos) si se desea mejorar la efectividad de los mediadores de aprendizaje musical, en este caso en la formación rítmica.

Respecto a la modalidad sensorial auditiva, La *American Speech-Language-Hearing Association* (ASHA) definió el término procesamiento auditivo central como los procesos o mecanismos responsables de la localización y de la lateralización del sonido, aspectos temporales en la audición, la discriminación auditiva, etc. El sistema auditivo es un sistema complejo compuesto por múltiples estructuras y distintos niveles, cada uno con funciones diferentes. La mayor parte del procesamiento auditivo central se genera de una manera inconsciente (Zenker y Barajas, 2003) y está influido por factores como la edad, motivación, atención, memoria o aprendizaje. En el procesamiento auditivo se pueden distinguir la sensación, una función auditiva periférica, y la percepción, una función central. Las funciones auditivas centrales son las responsables del procesamiento de la información sonora no verbal, en nuestro caso del reconocimiento de patrones rítmicos (ASHA, 2006). Los aspectos temporales son localizados en estructuras cerebrales muy determinadas (Musierk y Chermak, 2006) relacionadas también con el lenguaje hablado.

El ritmo no sólo existe en forma de sonido; también en forma visual. Muchas definiciones se han realizado sobre el fenómeno del ritmo; una clásica es la de Fraisse (1967): la percepción de estructuras y su repetición. Aunque este autor nunca se ocupó del ritmo visual, es importante su tratamiento del ritmo como fenómeno estructural y perceptivo asociado al movimiento puesto que aporta conceptos, conocimientos y sugiere procedimientos en la organización rítmica del movimiento visual.

En relación a la percepción visual, Zeki (1992) propuso un sistema de cuatro componentes paralelos que se ocupan de diferentes atributos de la visión: uno para movimiento, otro para color y dos por la forma. La percepción dinámica es muy importante para la percepción del ritmo visual. Las personas con lesiones en la zona cerebral V5 sufren acinetopsia: no ven ni comprenden el mundo en movimiento, los objetos son visibles en reposo pero, al moverlos, desaparecen, no se pueden ver (Lewis y Essen, 2000). Otro trabajo sugirió la existencia de una relación directa entre la percepción visual dinámica y la deficiencia en la lectura por niños disléxicos (Meng, Cheng-lai, Zeng, Stein y Zhou, 2011).

Si se considera el lenguaje como fuente de información rítmica, cabría pensar en la existencia de un doble proceso: por un lado la imagen de la palabra escrita y por otro la carga de contenido de la misma. Aunque se podría aducir que el procesamiento de un texto conlleva un mayor esfuerzo mental que en modalidades individuales realizando tareas rítmicas (decodificación de las sílabas y extracción del ritmo de las palabras resultantes), se podría pensar que las palabras constituyen un nemónico que facilita la discriminación, memorización e interpretación de un determinado patrón rítmico, mejorando así la eficacia de concatenación de los procesos percepción-memorización-producción.

El objetivo de este trabajo ha sido conocer los modos más efectivos de presentación de información rítmica. En concreto, esta investigación trata de averiguar si existe un efecto de 3 presentaciones unimodales (auditiva, visual o textual) y 2 bimodales (auditiva-visual o auditiva-textual) en una tarea combinada que implicó la percepción, memorización y producción de patrones rítmicos.

## 2. Revisión de la literatura

Algunos estudios en el ámbito de la educación musical proponen que se debe usar exclusivamente el sonido como único modo de presentación de la información musical (Cassidy y Geringer, 2001; Frego, 1999; Madsen, Clifford Geringer y Wagner, 2007; Mayer y Moreno, 1999). Uno de los argumentos esgrimidos es que se produciría un sobreesfuerzo mental que provocaría la división de la atención, impidiendo que el sujeto tuviera suficientes recursos disponibles para el procesamiento del sonido (Frego, 1999; Madsen, 2009; Madsen, Clifford, Geringer y Wagner, 2007). En la misma línea se sitúa la teoría de Carga Cognitiva (Chandler y Sweller, 1992; Sweller, 1994; 2005). No obstante, tal como se verá más adelante, estas teorías han sido contestadas con evidencias de signo contrario en algunos trabajos empíricos sobre multimodalidad y aprendizaje.

De acuerdo a la Teoría de Codificación Dual (TCD) la información verbal y la información visual son procesadas y representadas en subsistemas cognitivos distintos (Paivio, 1986). Para este autor, existe una superioridad de las fuentes de información visual respecto de las fuentes de información verbal. Una cadena de diferentes sonidos es recordada con mayor precisión que una concatenación de palabras, dado el uso de la memoria de trabajo.

Manteniendo afinidad con esta teoría, la Teoría del Aprendizaje Multimedia sugiere que el procesamiento de diferentes fuentes informativas establece las conexiones necesarias para que se produzca un procesamiento activo en la selección relevante del material presentado (Mayer, 2002). Esta teoría tiene como premisa la existencia de tres tipos de estructuras de memoria: memoria sensorial (MS), memoria de trabajo (MT) y memoria a largo plazo (MLP). Además, al

igual que la TCD, la existencia de canales separados para procesar cada tipo de modalidad: verbal, visual y auditivo. El aprendizaje multimedia es aquel en el que el sujeto logra la construcción de representaciones mentales ante una presentación multimedia, es decir logra construir conocimiento ordenado e integrado con sus esquemas cognitivos. Se entiende el término multimedia como “la representación de material verbal y pictórico; en donde material verbal se refiere a las palabras, como texto impreso o texto hablado y el material pictórico que abarca imágenes estáticas y también imágenes dinámicas” (Mayer, 2005). Se afirma por tanto que la presentación de una misma información mediante diferentes modalidades perceptuales de manera conjunta facilita un proceso profundo en la decodificación de la información, consiguiendo así aumentar los procesos de abstracción (Kalyuga, Chandler y Seller, 2000).

No obstante, la teoría de carga cognitiva hace ciertas puntualizaciones en relación a la integración multimodal de información (Sweller, 2005). Cada contenido a aprender implica por parte del discente la inversión de una carga cognitiva o esfuerzo mental: una intrínseca y otra extraña o extrínseca. La primera proviene de la dificultad derivada del contenido en sí. La segunda proviene de los mediadores de aprendizaje. La forma en que se presenta la información (uni o bimodal) y los modos en que están imbricados los diferentes medios puede representar un esfuerzo mental añadido durante el procesamiento de la información del contenido. Para que se produzca una mayor efectividad de las presentaciones multimodales respecto a las unimodales ha de minimizarse la carga cognitiva extraña que tiene que soportar la MT. Debido a la capacidad limitada de esta memoria, toda sobrecarga durante el aprendizaje supone que parte de la información entrante se pierda y que no llegue a almacenarse en la MLP como esquemas mentales, es decir, como conocimiento (Schnotz y Kürschner, 2007; Sweller, 2005).

La carga cognitiva total soportada por la MT parece depender de tres factores: 1. Las características del alumno: los conocimientos o habilidades previas determinan una mayor o menor carga, ya que las estructuras almacenadas en la MLP favorecen automatismos a través del agrupamiento perceptual. 2. Las características o dificultad del material; y 3) Las características del medio de aprendizaje o el entorno. Algunos materiales pueden provocar que el alumno deba procesar simultáneamente información innecesaria. Por otra parte, los materiales pueden incluir distintas fuentes de información que se encuentran física o temporalmente separadas, lo cual es una fuente de esfuerzo añadido para el discente. Todo ello puede provocar un aumento de la carga cognitiva extraña en la MT que podría influir de manera negativa en el aprendizaje (Schnotz y Kürschner, 2007).

Aunque relativamente tangencial a este estudio, se ha sugerido que las ayudas visuales pueden tener un importante papel en la discriminación rítmica de textos (Brochard, Tassin y Zagar, 2013; Brochard, Tassin, Baudouin y Zagar, 2014; Engel, Bangert, Horbank, Hijmans, Wilkens, Keller y Keyzers, 2012; Miller, Carlson, y McAuley, 2012; Gómez-Ramírez, Molholm, Sehatpour, Schwartz y Foxe, 2011; van Rullen, Zoefel y Ilhan, 2014).

Estos resultados mantienen cierta coherencia con los resultados obtenidos en otros estudios. Por ejemplo, sujetos de algunos trabajos empíricos han asociado la altura a metáforas espaciales -alto para agudo y bajo para grave- o a metáforas de tamaño o peso: pequeño y ligero para agudo frente a grande y pesado para grave (Antovic, 2009; Eitan, Katz y Shen, 2010; Evans y Treisman, 2010). Algunos patrones melódicos con dirección evidenciada fueron asociados por los sujetos a movimientos de “estrechamiento” (patrones descendentes) o “expansión” (patrones ascendentes) (Kim y Iwamiya, 2008). Por último, otros estudios han comparado la modalidad visual de presentación de la información con la modalidad audio-visual; los autores sugieren ventajas de esta bimodalidad frente a la mera imagen (Johnson, 1991; Lovelace, Stein y Wallace, 2003).

Algunos autores han sugerido que las presentaciones de información dinámica podrían reducir la carga cognitiva extraña y disminuir así el esfuerzo en la construcción de representaciones mentales (Colom y Flores-Mendoza, 2001; Kirschner, 2002; Mayer y Moreno, 1999). Un estudio abordó la efectividad de ayudas visuales dinámicas o estáticas combinadas con el sonido en la discriminación de patrones tonales por escolares de Ed. Primaria (Serra y Tejada, en prensa). En dicho trabajo, se adoptó un diseño cuasi-experimental en el que la variable independiente (forma de presentación de información musical) fue operativizada a través de una serie de tareas que implicaron la discriminación, reconocimiento auditivo y asociación simbólica de patrones melódicos. Estos patrones fueron presentados con sonidos e imágenes estáticas de ayuda (representaciones gráficas estáticas y analógicas de cada patrón melódico) a los sujetos de la condición información estática (IE), mientras que se utilizaron imágenes dinámicas (representaciones visuales analógicas animadas) para la condición información dinámica (ID). En el análisis de datos, fueron controladas una serie de variables intervinientes tomadas como covariables -edad, género, destrezas previas musicales y formación musical actual- no detectándose influencia de estas variables en la variable dependiente. El análisis de datos no mostró diferencias estadísticamente significativas en las puntuaciones de ID y IE, concluyendo que no hay un efecto del tipo de ayuda visual –dinámica o estática- en la discriminación de patrones melódicos. No obstante, se hallaron diferencias intragrupo estadísticamente significativas para ambos grupos, lo que podría constituir una evidencia empírica de que la intervención didáctica tuvo un efecto en la discriminación. Este trabajo sugiere que ambos tipos de presentación bimodal pueden ayudar en la discriminación y asociación simbólica de patrones melódicos tonales en niños y niñas de esta edad y ser de utilidad en la elaboración de mediadores de aprendizaje.

Otro trabajo ha intentado averiguar si existe un efecto de la presentación bimodal sonido-imágenes dinámicas frente a la presentación unimodal en la percepción y discriminación de la textura musical (Gómez y Tejada, en prensa). Para ello, se realizó un diseño cuasi-experimental con sujetos en edad escolar (N=39; 15-17 años) que estaban cursando tercer curso de Ed. Secundaria Obligatoria en un centro educativo de la ciudad de Valencia. El grupo experimental siguió unas clases que incluyeron materiales para la percepción y discriminación de la textura

musical mediante información visual dinámica. El grupo control siguió los mismos contenidos de clase pero sin incluir información visual dinámica. Se controlaron las covariables habilidades musicales y modos preferidos de presentación de información, entre otras. Aunque los resultados de este estudio no son concluyentes, se sugiere que la utilización conjunta de sonido e imágenes dinámicas en situaciones de clase podría facilitar el abordaje didáctico de la textura musical en escolares de estas edades.

El aprendizaje del lenguaje también se realiza mediante diferentes modos perceptivos. La comprensión del habla depende tanto de la detección sensorial como del análisis de la percepción de la señal acústica procesada por el sistema nervioso auditivo central (Morales y Akli, 2011). Algún estudio ha comprobado mediante técnicas de resonancia la activación de diferentes zonas cerebrales que implican multimodalidad sensorial en relación al lenguaje (Miller y D'esposito, 2005). Además, cuando se perciben estímulos desde una sola modalidad sensorial también se activan zonas cerebrales relacionadas con otras modalidades sensoriales (Grahn, Henry y McAuley, 2011; Romei, Gross y Thut, 2012).

### 3. Método

Para la recogida de datos y la verificación de contrastes, se realizaron dos experimentos. El primero de muestras independientes y el segundo de muestras relacionadas. Se especifican separadamente por mor de la claridad expositiva.

#### 3.1 Experimento 1

##### 3.1.1 Diseño

En este primer experimento se adoptó un diseño cuasi-experimental de contraste con muestras independientes, debido al pequeño tamaño de la muestra y a la imposibilidad de asignar aleatoriamente los sujetos a las condiciones experimentales.

##### 3.1.2 Sujetos

Los sujetos fueron escolares que cursaban tercer curso de Educación Secundaria (N=50; 21 chicos, 29 chicas; 14-16 años). Fueron reclutados mediante muestreo no probabilístico (voluntarios) y asignados aleatoriamente a las 5 condiciones experimentales. Los experimentos fueron llevados a cabo en el centro de Educación Secundaria IES Clot del Moro de la ciudad de Sagunto, Valencia, un instituto de carácter público de extracción socioeconómica medio-baja que

cuenta con más de 700 alumnos. En este experimento, los sujetos fueron agrupados a las condiciones de la variable independiente: audio, imagen, texto, audiovisual y audiotextual.

### 3.1.3 Variables

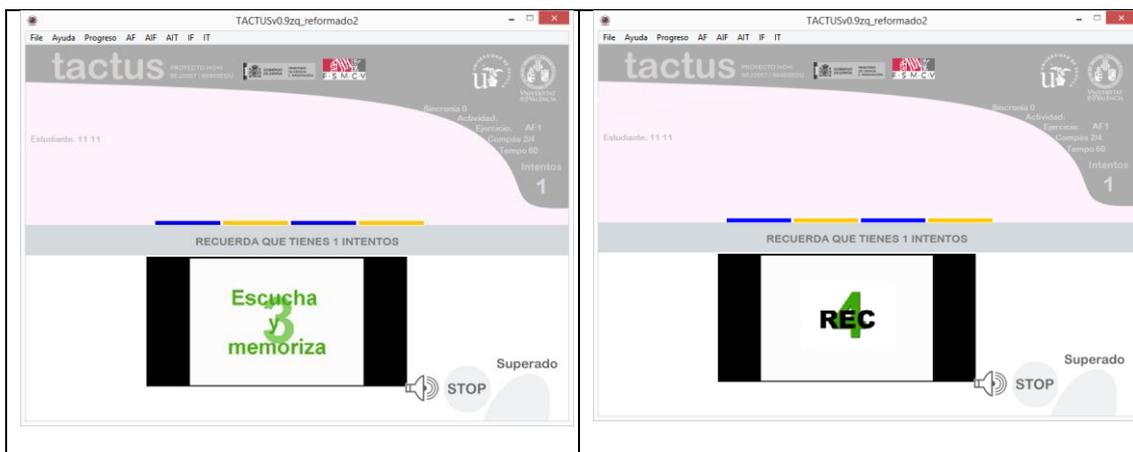
#### 3.1.3.1 Independientes

La variable independiente fue el modo de presentación de información rítmica, la cual tuvo cinco niveles:

##### Audio:

Los patrones rítmicos fueron presentados exclusivamente con sonidos. Para ello disponían de auriculares que les permitían aislar los ruidos del exterior y centrar su atención en la realización de los ejercicios. Unas pantallas en el programa que se utilizó para la reproducción de estímulos y grabación de las respuestas les permitieron tener instrucciones claras de acción y también facilitó la sincronía en la grabación.

Fig.1. Capturas de pantalla de Tactus, programa utilizado en el estudio para la presentación de estímulos, grabación y evaluación de respuestas de los sujetos. Mediante las pantallas, se presentaron las instrucciones para el sujeto, el patrón rítmico sonoro (repetido dos veces), y luego el sujeto debió grabar su interpretación mediante una tecla del ordenador.

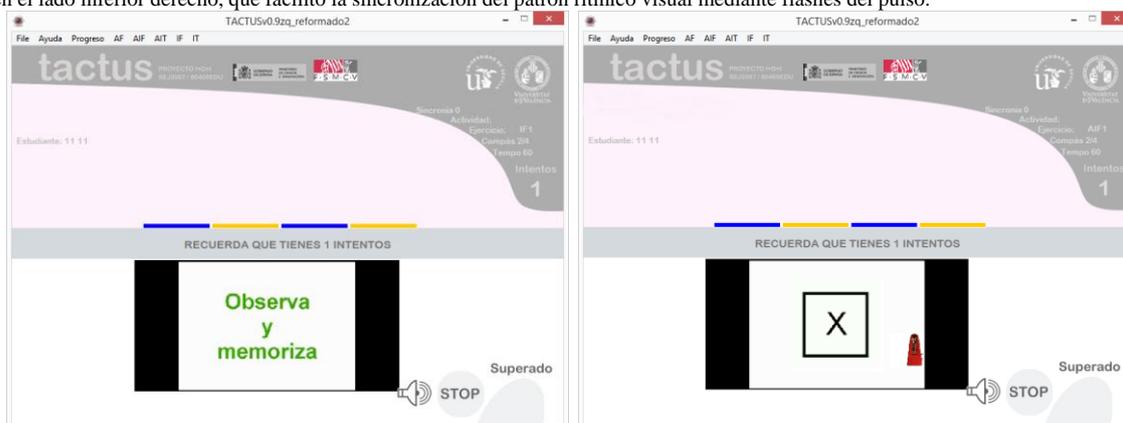


##### Imagen:

Se reprodujo una figura estática sin significado que hacía flash de acuerdo al patrón rítmico correspondiente. Para esta variable sólo se mantuvo la exactitud de los interonset intervals en la presentación, no de la duración, debido a que la percepción visual es fisiológicamente más lenta que la auditiva y podría dar lugar a la fusión de eventos, desapareciendo así la identidad del

patrón rítmico. A los sujetos se les proporcionó un metrónomo visual para organizar tanto su percepción del patrón como su respuesta motriz.

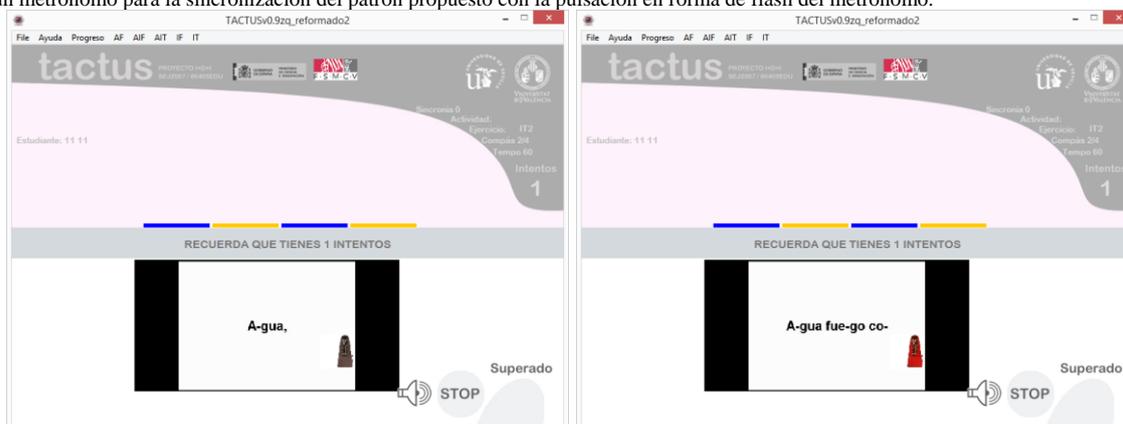
Fig 2. Presentación de patrones rítmicos en la condición sólo imagen. Mediante las pantallas, se presentaron las instrucciones para el sujeto, el patrón rítmico visual con flashes de una figura sin forma (una X dentro de un cuadrado), el cual fue repetido, y luego el sujeto debió grabar su interpretación mediante una tecla del ordenador. En la captura de la izquierda, se puede observar un metrónomo en el lado inferior derecho, que facilitó la sincronización del patrón rítmico visual mediante flashes del pulso.



### Texto:

A los sujetos asignados a este grupo se les presentó una frase con sentido completo donde cada sílaba fue presentada de acuerdo a los patrones rítmicos establecidos, pero exclusivamente de modo visual. La división rítmica y la acentuación de las palabras se tuvieron en cuenta a la hora de elegir las frases. Las sílabas, fueron agrupadas en la pantalla para lograr que el significado de la frase fuera completo y fácilmente memorizable. Los sujetos dispusieron de un metrónomo visual (flashes) para visualizar la pulsación.

Fig 3. Presentación de patrones rítmicos en la condición sólo texto. Mediante las pantallas, se presentaron las instrucciones para el sujeto, el patrón rítmico textual mediante la aparición rítmica de cada sílaba del texto (no pronunciadas, sólo visualmente), el cual fue repetido, y luego el sujeto debió grabar su interpretación del ritmo que percibió mediante una tecla del ordenador. También se incluyó un metrónomo para la sincronización del patrón propuesto con la pulsación en forma de flash del metrónomo.



**Audio-imagen:**

En esta condición se presentaron estímulos de audio e imagen de manera conjunta. Existe una latencia entre ambos medios que no es percibida por el sujeto dado que es menor de 30 ms. (Levitin, MacLean, Mathews, Chu y Jensen, 2000). Se facilitó un metrónomo visual y otro auditivo en pantalla para facilitar el seguimiento de la pulsación rítmica (pulsaciones isócronas visuales y/o auditivas) y por tanto la sincronización del patrón rítmico.

**Audio-texto:**

En esta condición se presentaron estímulos de audio y texto conjuntamente. El estímulo estuvo compuesto por los sonidos del patrón rítmico y las imágenes en pantalla de las sílabas de las palabras (no se pronunciaron). Se facilitó un metrónomo sonoro para facilitar el seguimiento de la pulsación rítmica y la sincronización por tanto del patrón.

**3.1.3.2 Variable dependiente**

Como variable dependiente se tomó la exactitud rítmica de la respuesta motora de los sujetos. Obviamente, esta variable conllevó otras dos tareas cuyos datos no se pudieron tomar: la percepción y la memorización. Por ello, la variable dependiente aquí es una operativización compleja de la variable independiente pues agrupa varias destrezas cognitivas y una motora.

**3.1.3.3 Variables intervinientes**

Se midieron las siguientes variables intervinientes o variables susceptibles de ejercer una influencia sistemática en la variable dependiente: actividades musicales previas, rendimiento académico del sujeto en el año anterior, sexo, frecuencia de uso del ordenador y modos preferidos de presentación de información. Todas estas variables fueron tratadas como covariables en el análisis estadístico de los datos.

**3.1.4 Instrumentos de medida**

Para la medida de las habilidades rítmicas previas de los participantes, variable interviniente de importancia que podría influir de modo sistemático sobre la variable dependiente, se utilizó el programa TACTUS, un recurso para la práctica del ritmo musical (Tejada, Pérez Gil y García, 2011) que permite la reproducción de patrones rítmicos, así como la grabación y evaluación de respuestas de los estudiantes (figs.1, 2 y 3).

TACTUS fue reprogramado con el fin de conseguir diferentes objetivos. Primero, la presentación de estímulos en diferentes condiciones a la de audio. Segundo, la grabación de respuestas motoras rítmicas de los sujetos; por último, la evaluación exacta de dichas respuestas. La exactitud de los patrones rítmicos grabados por los sujetos fue medida con un algoritmo programado en el software. En éste, se determinó una tolerancia o desviación de un 20% del intervalo temporal entre los ataques de los eventos rítmicos (IOI, interonset interval) para que las respuestas tuvieran la puntuación mínima, siendo las puntuaciones más altas a medida que las respuestas de los sujetos estuvieron más cercanas a los IOI de los patrones propuestos.

Dadas las condiciones estudiadas, no se contempló la duración como dimensión rítmica, sino los mencionados IOI. Para las variables intervinientes fue utilizado un cuestionario ad hoc con items abiertos y de tipo Likert.

### 3.1.5 Estímulos

Los patrones rítmicos que sirvieron de estímulo se presentan a continuación en forma de gráficos (fig.4). En cada una de las condiciones experimentales, fueron reproducidos en su modo de presentación:

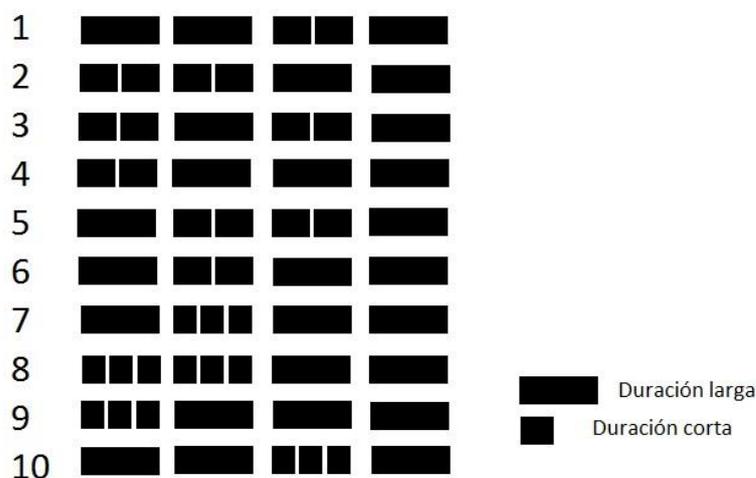
1. Imagen (I): flashes de una figura abstracta presentada en pantalla;
2. Audio (A): sonidos de los patrones rítmicos.
3. Texto (T): textos con sentido presentados en forma silábica;
4. Audio-imagen (AI): sonidos + flashes de una imagen abstracta, ambos modos reproduciendo el patrón rítmico;
5. Audio+texto (AT): sonidos + sílabas de texto presentados de forma silábica, ambos modos reproduciendo el patrón rítmico.

Los patrones rítmicos presentados fueron de una extensión de 4 pulsaciones (en división binaria o ternaria de pulso) con el fin de evitar saturación en la memoria de trabajo (fig. 4). Para ayudar a los sujetos a percibir y sincronizar las respuestas, se les proporcionó un metrónomo en TACTUS (visual y/o sonoro, según la condición experimental).

### 3.1.5 Materiales

Se utilizaron cinco ordenadores tipo netbook (Fujitsu Amilo Mini 3520; 1 Gb. RAM, 80 Gb. HD). Auriculares (gama de frecuencia 20-20.000 Hz.; impedancia 32 Oh.). El programa TACTUS (Tejada, Pérez-Gil y García Pérez, 2011) fue la herramienta encargada de proporcionar los estímulos sonoros, de grabar las respuestas de producción rítmica de los tests y de evaluarlas. Este programa también fue usado para evaluar las respuestas de la variable interviniente “habilidades rítmicas previas”.

Fig. 4 Patrones rítmicos utilizados en los ejercicios.



### 3.1.7 Procedimientos

Una semana antes del experimento, los sujetos y sus apoderados o padres firmaron el consentimiento de participación, que les garantizó sus derechos en esta investigación. Después, cumplimentaron el cuestionario de variables intervinientes. Por último, realizaron el test de habilidades rítmicas previas (variable interviniente) con el programa TACTUS. Una semana después, comenzó propiamente el experimento. Previamente, se habían asignado aleatoriamente 10 sujetos a cada una de las cinco condiciones experimentales.

En cada puesto, los ordenadores ya tenían cargado TACTUS. Cada sujeto se sentó en un ordenador y siguió las instrucciones del controlador experimental. Procedió a percibir el primer patrón rítmico en el modo requerido en su condición experimental (ayudado siempre de un metrónomo –visual o sonoro, en función de la condición-). Después, este patrón se repitió para facilitar su fijación en memoria. Por último, el software incluyó instrucciones y una cuenta atrás para que el sujeto grabara el patrón. Después, el software pasó al siguiente patrón, repitiéndose los mismos procesos descritos hasta finalizar todos los patrones rítmicos que el sujeto tenía que percibir y reproducir en su condición experimental.

## 3.2 Experimento 2

### 3.2.1 Diseño

El segundo de los experimentos adoptó un diseño de contraste de muestras relacionadas. Cada sujeto realizó los tests de todas las condiciones experimentales.

### 3.2.2 Sujetos

Los sujetos fueron escolares del mismo centro que el anterior experimento. Estaban cursando 1º de Bachillerato de la modalidad de Artes escénicas (N=10; 3 chicos y 7 chicas de 16-18 años de edad). Los materiales, variables e instrumentos de medida fueron los mismos que en el experimento 1.

### 3.2.3 Procedimientos

Como en el experimento anterior, los sujetos formalizaron su participación firmando un documento de consentimiento junto a sus padres o apoderados que les garantizó el anonimato y la exclusividad del uso de los datos para esta investigación. Después, cumplimentaron el cuestionario de variables intervinientes y realizaron el test de habilidades rítmicas previas con TACTUS. Una semana después, comenzó el experimento.

Los ordenadores ya tenían cargado TACTUS. Cada sujeto se sentó en un ordenador y siguió las instrucciones del controlador experimental. Procedieron a percibir el primer patrón rítmico en el modo requerido (ayudado siempre de un metrónomo –visual o sonoro, en función de la condición en que estuvieran realizando el test-). Después, este patrón se repitió para facilitar su fijación en memoria. Por último, el software dio instrucciones y una cuenta atrás para que grabaran el patrón. Una vez realizado esto, el software pasó al siguiente patrón, repitiéndose los mismos procesos descritos hasta completar los diez patrones rítmicos de la primera condición. Después de esto, pasaron a realizar la tanda de diez patrones rítmicos de la siguiente condición. Prosiguieron así hasta completar los patrones de las cinco condiciones experimentales.

## 4. Análisis de datos

### 4.1 Experimento 1

#### 4.1.1 Covariables

El rendimiento del curso anterior de los sujetos de este experimento no muestra correlación con los resultados del estudio, tampoco respecto a los modos preferidos de presentación de información, ni el sexo. No obstante, se observa una mayor preferencia por las presentaciones audiovisuales en todos los grupos, aunque sin influencia en la variable dependiente.

Respecto a las experiencias musicales previas, 10 sujetos declararon en el cuestionario tener experiencias musicales previas. Estas fueron agrupadas en: Práctica en banda de

percusiones, Práctica de gimnasia rítmica, Práctica de la danza, Estudios formales en escuelas de música y Participación asidua en musicales. Una vez contabilizadas y observada la distribución de los sujetos, no se halló una correlación entre esta variable y los resultados (tabla 5).

**Tabla 5.** Datos referidos a las covariables. Se muestran los datos de contraste de 5 grupos experimentales y del contraste unimodal (imagen+audio+texto) versus bimodal (audiotextual + audiovisual).

Condiciones		Prof. texto	Prof. gráficos	Prof. imágenes	Prof. vídeo	Frec. uso de ordenador	Rendim. Académ. Curso anterior	Habilid. rítmicas previas
<b>Imagen (I)</b>	Media	4,90	4,20	4,80	5,80	2,80	5,45	7,10
	SD	2,02	2,04	1,75	,516	1,13	1,73	1,24
<b>audio-texto (AT)</b>	Media	4,90	4,20	5,50	5,90	1,10	5,28	7,29
	SD	1,79	1,87	1,84	2,13	,31	1,16	1,19
<b>Audio (A)</b>	Media	3,30	2,70	5,00	5,80	1,60	6,68	7,59
	SD	2,05	1,49	1,56	1,31	1,07	1,63	,73
<b>Texto (T)</b>	Media	3,30	4,50	4,80	6,10	2,80	7,07	7,66
	SD	1,41	1,17	1,22	,99	1,22	1,32	,78
<b>audio-imagen (AI)</b>	Media	3,10	4,00	4,90	6,20	2,70	6,67	7,48
	SD	1,37	1,41	1,44	,63	1,16	1,28	1,05
<b>unimodal</b>	Media	3,83	3,80	4,87	5,90	2,40	6,40	7,45
	SD	1,94	1,75	1,47	1,02	1,24	1,67	,953
<b>bimodal</b>	Media	4,00	4,10	5,20	6,05	1,90	5,97	7,52
	SD	1,80	1,61	1,64	1,53	1,16	1,39	1,22

Como ya se mencionó, el test de habilidades rítmicas previas fue administrado mediante el software TACTUS. Para ello, los sujetos tuvieron que percibir (mediante auriculares; sólo se usó sonido) y reproducir (mediante una tecla del ordenador) una batería de patrones rítmicos. Los resultados de esta variable no muestran diferencias inter-grupos significativas, aunque un análisis univariante de varianza mostró la influencia de esta variable interviniente en los resultados de exactitud rítmica de los tests, tanto en el contraste de los cinco modos de presentación como en el contraste unimodal versus bimodal. Se deberían por tanto tomar los datos obtenidos con cautela y siempre referidos a esta variable interviniente (tabla 6).

**Tabla 6.** Análisis univariado de varianza que muestra la influencia de las covariables sobre la variable dependiente. A la izq. La influencia de las covariables en función del agrupamiento de los cinco modos estudiados (texto, imagen, sonido, audiovisual, audiotextual). A la dcha., la influencia de las covariables en función de agrupamiento unimodal-bimodal

AGRUPAMIENTO: texto, imagen, sonido, audiovisual, audiotextual			AGRUPAMIENTO: unimodal, bimodal	
Efecto	F	Sig.	F	Sig.
Frecuencia uso ordenadores	1,05	,312	,30	,58
Modo pref. presentación texto	1,46	,23	2,51	,12
Modo pref. presentación gráficos	,002	,96	,81	,37
Modo pref. presentación imágenes	2,52	,12	1,39	,24
Modo pref. presentación vídeo	,097	,75	,000	,99
Nota media curso anterior	,11	,73	,56	,45
Habilidades rítmicas	5,0	,03	4,87	,03

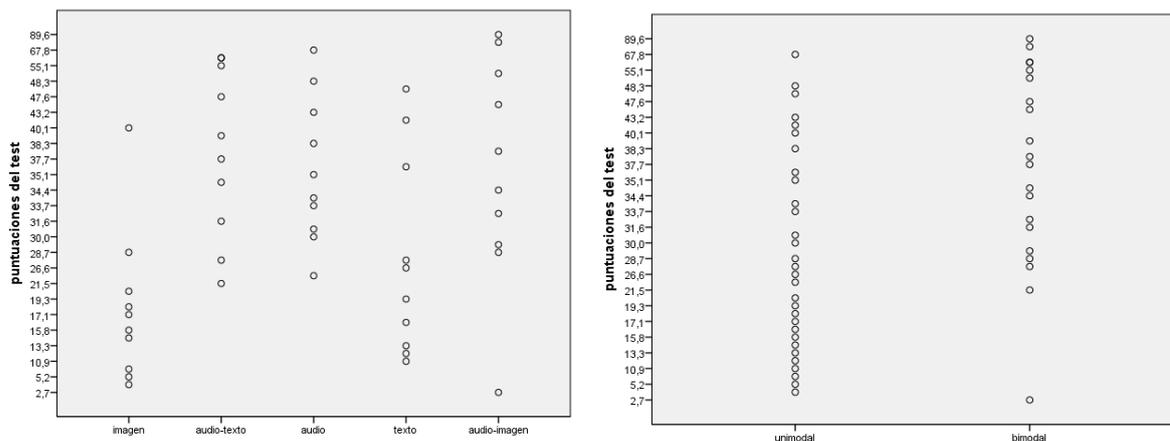
#### 4.1.2 Resultados de test

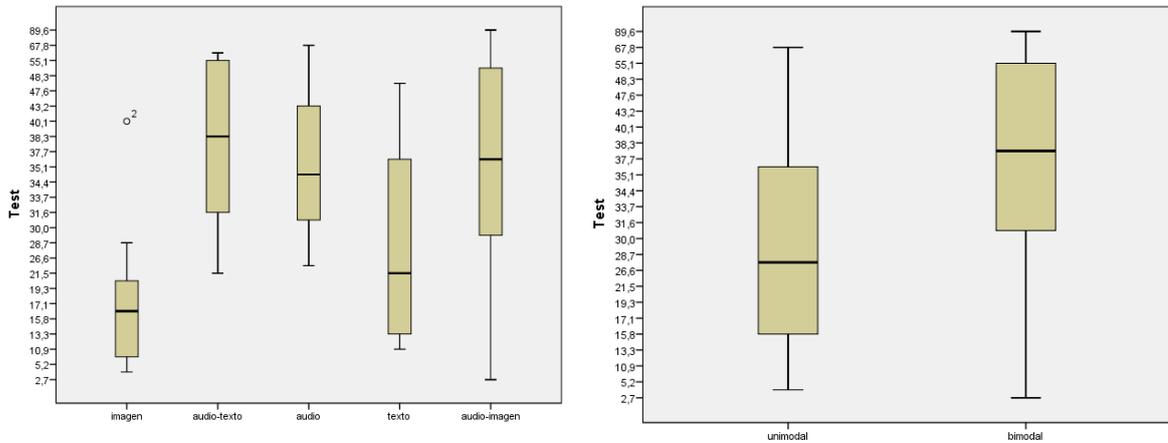
En el análisis de datos, se realizó un ANOVA de un factor con el fin de conocer el efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente, hallándose diferencias significativas a favor de los grupos AI, AT (bimodales) y A (unimodal), respecto de los grupos unimodales I y T (tabla) ( $f=4,88$ ;  $p=,003$ ). Se analizaron también los datos de contraste bimodal-unimodal mediante un ANOVA, dando como resultado que el grupo bimodal (grupo AI+AT) puntuó mejor que el grupo unimodal (grupo A+T+I) ( $f=10,66$ ;  $p=,002$ ). En la tabla 7 se pueden apreciar las medias de cada grupo, así como los resultados en la agrupación unimodal-bimodal. En la tabla 8 se puede apreciar la dispersión de datos en cada grupo, así como su distribución.

**Tabla 7.** Media de puntuaciones obtenidas por cada grupo en los tests de producción rítmica (SD= desviación estándar)

Condiciones experimentales		Puntuaciones tests exp. 1
Imagen (I)	Media	17,64
	SD	10,65
Audio (A)	Media	38,68
	SD	12,12
Texto (T)	Media	25,32
	SD	13,06
audio-texto (AT)	Media	42,53
	SD	14,95
audio-imagen (AI)	Media	42,85
	SD	24,65
Unimodal	Media	27,21
	SD	14,55
Bimodal	Media	42,69
	SD	18,84

**Fig.8.** Diagramas de puntos y de cajas con los resultados de tests de los diferentes grupos experimentales contrastados en este estudio





## 4.2 Experimento 2

### 4.2.1 Covariables

Aplicando una ANOVA de medidas repetidas, no se observan influencias de ninguna de las covariables sobre la variable dependiente: rendimiento académico del curso anterior, modalidad preferente de presentación, sexo, frecuencia de uso de ordenadores y habilidades rítmicas (tabla 9).

**Tabla 9.** Significación estadística de los efectos intrasujetos de las covariables en las puntuaciones de cada modo en el experimento 2 (parámetro: esfericidad asumida)

Covariable	F	Sig.
Preferencia texto	,65	,65
Preferencia gráficos	1,16	,44
Preferencia imágenes	,46	,76
Preferencia vídeo	1,49	,35
Frecuencia uso ordenadores	,99	,50
Sexo	,31	,85
Habilidades rítmicas	1,51	,34
Rendimiento académico curso anterior	,82	,57

### 4.2.2 Resultados

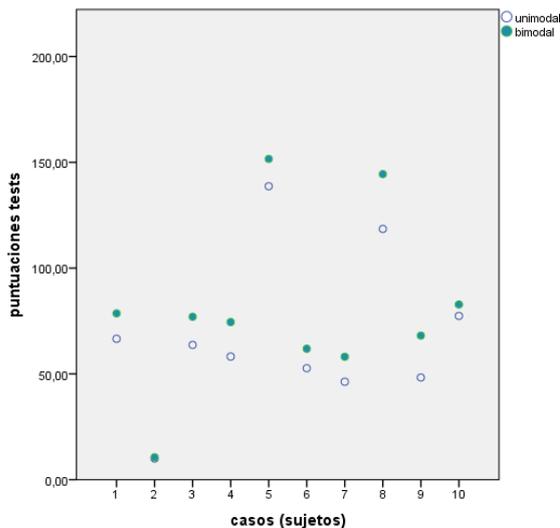
Para analizar los datos, se utilizó una ANOVA de medidas repetidas, dando como resultado diferencias significativas a favor de los grupos AI, AT y A (tabla 10).

**Tabla 10.** Suma de puntuaciones obtenidas en cada modo de los tests en el experimento 2

Modos de presentación (medidas repetidas)		Experimento 2
imagen	Media	11,29
	SD	9,52
audio	Media	36,78
	SD	19,03
texto	Media	19,97
	SD	10,77
audio-texto	Media	38,87
	SD	18,85
audio-imagen	Media	41,89
	SD	24,67
Unimodal	Media	68,04
	SD	36,83
Bimodal	Media	80,76
	SD	40,93

Dado que las diferencias entre los agrupamientos unimodal y bimodal fueron menos acentuadas en el segundo experimento, se realizó una T para muestras relacionadas utilizando este par y pareándolo con la variable dependiente, resultando en diferencias estadísticamente significativas ( $t=-5,68$ ;  $p=,0001$ ) (fig. 11).

**Fig. 11** Puntuaciones medias obtenidas por los 10 sujetos del experimento 2, agrupando los resultados como unimodal-bimodal.



**Tabla 12.** Suma de puntuaciones obtenidas en los tests en cada condición de ambos experimentos

Condiciones experimentales		Experimento 1	Experimento 2
imagen	Media	17,64	11,29
	SD	10,65	9,52
audio	Media	38,68	36,78
	SD	12,12	19,03
texto	Media	25,32	19,97
	SD	13,06	10,77
audio-texto	Media	42,53	38,87
	SD	14,95	18,85
audio-imagen	Media	42,85	41,89
	SD	24,65	24,67
Unimodal	Media	27,21	68,04
	SD	14,55	36,83
Bimodal	Media	42,69	80,76
	SD	18,84	40,93

Al contrastar los datos de ambos experimentos, se puede observar resultados similares (tabla 12). No obstante, los del agrupamiento unimodalidad-bimodalidad mejoran en el experimento 2. Esto puede ser debido al efecto de *arrastre* (cuando se administra una condición

antes de que haya acabado el efecto de otra previamente administrada) o al efecto de *aprendizaje* (la repetición de los tests podría haber mejorado las puntuaciones de las condiciones posteriores sin existir una causa realmente atribuible a la condición).

## 5. Conclusiones

De los datos extraídos en este estudio se puede deducir que los sujetos que realizaron los tests rítmicos mediante información presentada mediante doble modalidad (audio- texto, audio- imágenes) obtuvieron significativamente mejores puntuaciones que los sujetos que recibieron la información en modo Texto o en modo Imágenes. Por otro lado, se observa el dominio de la presentación de Audio sobre las otras dos condiciones unimodales. Este fenómeno es consistente y lógico, dada la naturaleza sonora de la música.

Estos resultados son coherentes con los resultados de algunos estudios sobre presentación bimodal de información (Brochard, Tassin y Zagar, 2013; Brochard, Tassin, Baudouin y Zagar, 2014; Engel, Bangert, Horbank, Hijmans, Wilkens, Keller y Keysers, 2012; Miller, Carlson, y McAuley, 2012; Gómez-Ramírez, Molholm, Sehatpour, Schwartz y Foxe, 2011; van Rullen, Zoefel y Ilhan, 2014).

Las habilidades rítmicas previas han sido un factor de influencia en los resultados, fenómeno también consistente respecto a la variable respuesta estudiada aquí (respuesta motriz que llevaba aparejada tareas de percepción y memorización).

La replicación de este estudio con una muestra mayor sería un paso necesario para realizar inferencias fundadas respecto a la población de estudio. Sería interesante averiguar si existen efectos de otras modalidades específicas, por ejemplo, imágenes estáticas versus dinámicas, en las capacidades rítmicas (percepción, memorización, reproducción) de sujetos escolares, tal como ya se ha realizado con patrones melódicos tonales (Serra y Tejada, en prensa) y textura musical (Gómez y Tejada, en prensa) pero no abordada con el parámetro ritmo.

Como se mencionó al principio, las respuestas de los sujetos implicaron varias tareas coordinadas: dos cognitivas y una motora. Esto puede constituir una limitación añadida de este estudio. Se debería tener cautela al hacer inferencias sobre la influencia de la variable independiente en alguna de las tareas que intervinieron en la respuesta. Por otra parte, la respuesta motriz puede implicar sesgos en los resultados; no necesariamente se debe asumir que los sujetos con menos capacidad motriz sean menos rítmicos. Por ello, sería interesante disgregar estas tareas respecto de la acción motriz como única vía de respuesta. Un estudio que aportaría datos relevantes al campo de la educación musical sería averiguar si las ayudas en distintos modos de presentación de información mejoran la memoria del sujeto, midiendo ésta a través de una respuesta no motriz, por ejemplo, la voz.

Asimismo, en este estudio se abordó la presentación de patrones rítmicos mediante representaciones visuales de palabras. No obstante, el contenido rítmico de las palabras es interpretable por el sujeto cuando éstas son leídas, por lo que cabría esperar inconsistencias en la extracción del contenido rítmico. No obstante, esta interpretación no existiría si las palabras son pronunciadas, es decir, se escuchan. Por ello, sería interesante poder abordar esta modalidad texto a partir de su pronunciación y si así tiene un efecto en las capacidades rítmicas, tal como sugieren algunos autores como Kodály y Orff en el dominio de la educación musical (Dolloff, 1993; Goitre, 1972; Mangione, 1975; Orff y Keetman, 1950).

Por último, si existiera un efecto de las palabras en las capacidades rítmicas, la semántica del texto en cuestión ¿sería de importancia para discriminar, memorizar y reproducir su contenido rítmico? ¿Ayudará más al adiestramiento rítmico que las palabras del patrón a aprender tengan un nexo semántico o ayudará más si las palabras tienen relaciones fonéticas no necesariamente semánticas?

### Referencias bibliográficas

- Antovic, M. (2009). Musical metaphors in Serbian and Romani children: an empirical study. *Metaphor and Symbol, 24*, 184-202.
- Brochard, R., Tassin, M., y Zagar, D. (2013). Got rhythm... for better and for worse. Cross-modal effects of auditory rhythm on visual word recognition. *Cognition, 127*(2), 214-219.
- Brochard, R., Tassin, M., Baudouin, J. Y., y Zagar, D. (2014). How is Visual Recognition Entrained by Auditory Background Rhythms?. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, (126)*, 203.
- Cassidy, J. y Geringer, J. (2001). Listening Maps: Undergraduate Students' Ability To Interpret Various Iconic Representations. *Update: Applications of Research in Music Education, 19*(2), 15-19.
- Chandler, P. y Sweller, J. (1992). "The split-attention effect as a factor in the design of instruction". *British Journal of Educational Psychology, 62*, 233-246.
- Colom, R. y Flores-Mendoza, C. (2001) Inteligencia y Memoria de Trabajo: La Relación Entre Factor G, Complejidad Cognitiva y Capacidad de Procesamiento. *Gerais.Psicologia: Teoria e Pesquisa, 17*(1), 37-47.

Dolloff, L. (1993) *Das Schulwerk: a foundation for the cognitive, musical and artistic development of children*. Toronto: Canadian Music Education Research Centre-University of Toronto.

Eitan, Z., Katz, A. y Shen, Y. (2010) *Effects of pitch register, loudness and tempo on children's use of metaphors for music*. Poster presented at 11<sup>th</sup>. International Conference on Music Perception and Cognition (ICMPC11). Seattle.

Engel, A., Bangert, M., Horbank, D., Hijmans, B., Wilkens, K., Keller, P. y Keysers, C. (2012). Learning piano melodies in visuo-motor or audio-motor training conditions and the neural correlates of their cross-modal transfer. *NeuroImage*, 63(2), 966-978.

Evans, K. K., y Treisman, A. (2010). Natural cross-modal mappings between visual and auditory features. *Journal of Vision*, (10) 1–12, doi:10.1167/10.1.6.

Frego, R. (1999). Effects of Aural and Visual Conditions on Response to Perceived Artistic: Tension in Music and Dance. *Journal of Research in Music Education*, 47(1), 31–43.

Goitre, R. (1972) *Cantare leggendò*. Milano: Suvini-Zerboni.

Gómez, S. y Tejada, J. (en prensa) *Effect of visual dynamic representations on the discrimination and understanding of musical texture*.

Gómez-Ramirez, M., Kelly, S. P., Molholm, S., Sehatpour, P., Schwartz, T. H., y Foxe, J. J. (2011). Oscillatory sensory selection mechanisms during intersensory attention to rhythmic auditory and visual inputs: a human electrocorticographic investigation. *The Journal of Neuroscience*, 31(50), 18556-18567.

Grahn, J., Henry, M. y McAuley, J. (2011). fMRI investigation of cross-modal interactions in beat perception: audition primes vision, but not vice versa. *Neuroimage*, 54(2) 1231-1243.

Johnson, C. (1991). Use of the continuous response digital interface in evaluation of auditory versus auditory and visual aspects of musical performance. *Southeastern Journal of Music Education*, 3, 97–108.

Kim, K. y Iwamiya, S. (2008). Formal congruency between telop patterns and sound effects. *Music Perception*, 25, 429-448.

Kirschner, P. (2002). Cognitive load theory: implications of cognitive load theory on the design of learning. *Learning and Instruction*, 12(1), 1-10.

Levitin, D. J., MacLean, K., Mathews, M., Chu, L., y Jensen, E. (2000). The perception of cross-modal simultaneity. *International Journal of Computing Anticipatory Systems*, 323-329.

Lovelace, Ch, Stein, B. y Wallace, M. (2003). An irrelevant light enhances auditory detection in humans: A psychophysical analysis of multisensory integration in stimulus detection. *Cognitive Brain Research*, 17(2), 447-453.

Madsen, K. (2009) Effect of aural and visual presentation modes on Argentine and US musicians' evaluations of conducting and choral performance. *International Journal of Music Education*, 27(1), 48-59.

Madsen, K., Clifford, K., Geringer, J. M. y Wagner, M. J. (2007) Context specificity in music perception of musicians. *Psychology of Music*, 35(3), 441-451.

Mangione, G. (1975) *La Pedagogía della musica secondo Zóltan Kodály*. London: Boosey y Kawkes.

Mayer, R., Heiser, J., y Lonm, S. (2001). Cognitive constraints on multimedia learning: when presenting more material results in less understanding. *Journal of Educational Psychology*, (93), 187-198.

Mayer, R. y Moreno, R. (1999) Aids to computer-based multimedia learning. *Learning and Instruction*, 12(1), 107-119.

Miller, L. M. y D'esposito, M. (2005). Perceptual fusion and stimulus coincidence in the cross-modal integration of speech. *The Journal of neuroscience*, (25) 5884-5893.

Ngiam, J., Khosla, A., Kim, M., Nam, J., Lee, H., y Ng, A. Y. (2011). Multimodal deep learning. *Proceedings of the 28th International Conference on Machine Learning*, (11) 689-696.

Orff, C. y Keetman, G. (1950-54). *Das Schulwerk: Musik für Kinder*. Mainz: Schott.orff

Schnotz, W. y Kürschner, C. (2007). A reconsideration of cognitive load theory. *Educational Psychology Review*, 19, 469-508. doi:10.1007/s10648-007-9053-4.

Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty and instructional design. *Learning and instruction*, 4. 295-312.

Sweller, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 19-30). New York: Cambridge University Press

Serra, D. y Tejada, J. (en prensa) Effect of static and dynamic visual representations in aural discrimination tasks of tonal melodic patterns by school childrens.

Tejada, J., Gil, M. P. y Pérez, R. G. (2011). TACTUS: Didactic design and implementation of a pedagogically sound-based rhythm-training computer program. *Journal of Music, Technology and Education*, 3(2-3), 155-165. doi: 10.1386/jmte.3.2-3.155\_1.

VanRullen, R., Zoefel, B. y Ilhan, B. (2014). On the cyclic nature of perception in vision versus audition. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 369 (1641), 20130214. doi: 10.1098/rstb.2013.0214.