

**Universidad Internacional de La Rioja  
Máster Universitario en Neuropsicología y  
Educación**

**Relación entre destrezas visuales y  
control de afinación en estudiantes de  
trombón**

**Trabajo Fin de Máster presentado por:**

Mario Cánovas Pardo

**Línea de investigación:**

Neuropsicología aplicada a la  
educación

**Modalidad de trabajo:**

Investigación cuantitativa

**Director/a:**

Dra. M.<sup>a</sup> Milagros Armas Arráez

### ***Agradecimientos***

Este trabajo de investigación ha podido realizarse gracias a la participación de los conservatorios profesionales de música de Murcia, Lorca y Cartagena. Gracias a los profesores de trombón de dichos centros, Juan Antonio Ruiz, José Antonio Mateo, Jaume Gil y en especial a Lucas Baño por sus consejos y apreciaciones. También agradecer el apoyo técnico y asesoramiento de Jordi Albert (pedagogo), Abraham Abellán (optometrista), Francisco Martínez (ingeniero de sonido) y José Antonio Picazo (psicólogo).

Pero sobre todo gracias a Antonio Cánovas, Dolores Pardo, Miriam Belmonte y, esta vez más que nunca, a María Victoria Cánovas Pardo, por todos los esfuerzos que han hecho para que pudiera estudiar y formarme.

## ***Resumen***

Este trabajo recoge información relativa a un estudio para conocer si existe correlación entre la memoria visoespacial, la convergencia ocular y el control de la afinación en trombonistas que estudian grado elemental en la Región de Murcia.

Pretende revisar la relación entre los sistemas sensoriales auditivo y visual, centrándose en la memoria tonal, memoria visoespacial y movimientos oculomotores, así como en el papel que desempeñan en el aprendizaje de acciones motrices que intervienen en la práctica de un instrumento musical como es el trombón.

El estudio se realizó con 30 alumnos de trombón, de entre 8 y 14 años que cursaban grado elemental en los principales Conservatorios de Enseñanza Profesional de Música de la Región de Murcia.

Los instrumentos de medida utilizados fueron: el Test Figura Compleja de Rey, la prueba para evaluación del Punto Próximo de Convergencia y el programa de edición de audio digital y MIDI Cubase 5 para Microsoft Windows.

Los resultados muestran que no existe una correlación significativa entre las variables control de afinación y memoria visual, ni entre las variables control de afinación y convergencia ocular.

**Palabras clave:** afinación, audición interna, destrezas visuales, memoria visoespacial, convergencia ocular.

### ***Abstract***

This paper contains information related to a study to learn the possible correlation between the visual-spatial memory, the ocular convergence and the control of tuning in trombonists who study the elementary degree on Music in the Region of Murcia.

It pretends to revise the relationship between the auditory and visual sensory systems, focusing on tonal memory, visual-spatial memory and oculomotor movements as well as on the role that they perform in the learning process of motor actions that take part in the practice of a musical instrument like the trombone.

The study was conducted on 30 trombone students aged from 8 to 14 years who study the elementary degree on Music in some of the main Consevatories of Professional Music Studies of the Region of Murcia.

The measuring instruments used were: the Rey-Osterrieth Complex Figure Test (Rey, 1980), the test to assess the Near Point of Convergence and the programme to edit the digital audio and MIDI Cubase 5 for Microsoft Windows.

Results show that there is neither a meaningful correlation between the control variables of tuning and visual memory nor between the control variables of tuning and ocular convergence.

**Keywords:** tuning, inner hearing, visual skills, visual-spatial memory, ocular convergence.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Justificación</b>	<b>7</b>
<b>1.2. Problema y finalidad</b>	<b>8</b>
<b>1.3. Objetivos del TFM</b>	<b>9</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>10</b>
<b>2.1. Percepción auditiva y control de afinación</b>	<b>10</b>
2.1.1. Consideraciones educativas	10
2.1.2. Altura, tono y afinación	11
2.1.3. El oído interno o audición interior	13
2.1.4. Práctica autorregulada y control de afinación	14
2.1.5. Neuropsicología del tono y la afinación	14
2.1.6. Paralelismos entre música y lenguaje	16
<b>2.2. Destrezas visuales</b>	<b>17</b>
2.2.1. Referencias visuales y resultado sonoro	17
2.2.2. Memoria visoespacial y movimientos oculares	19
2.2.3. Neuropsicología del sistema visoespacial y su relación con el tono	20
2.2.4. Sistema vestibulococlear: entre la percepción auditiva y la visoespacial	21
2.2.5. Integración sensorial y percepción multimodal	22
<b>2.3. Acerca del trombón y otros instrumentos</b>	<b>23</b>
<b>3. METODOLOGÍA</b>	<b>24</b>
<b>3.1. Objetivos</b>	<b>24</b>
<b>3.2 Hipótesis</b>	<b>25</b>
<b>3.3 Población, muestra y muestreo</b>	<b>25</b>
<b>3.4 Variables medidas e instrumentos aplicados</b>	<b>27</b>
<b>3.5. Procedimiento</b>	<b>31</b>

<b>3.6 Diseño</b>	<b>34</b>
<b>3.7 Análisis de datos</b>	<b>35</b>
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>35</b>
<b>5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	<b>37</b>
<b>5.1 Discusión</b>	<b>37</b>
<b>5.2 Conclusiones</b>	<b>39</b>
<b>5.3 Limitaciones</b>	<b>39</b>
<b>5.4 Prospectiva</b>	<b>40</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>42</b>
<b>7. ANEXOS</b>	<b>47</b>

### **ÍNDICE DE TABLAS**

<i>Tabla 1. Descriptivos de la muestra</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 2. Efectos de la variable Edad sobre Memoria Visual</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 3. Efectos de la variable Edad sobre Punto Próximo de Convergencia con filtro</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 4. Efectos de la variable Edad sobre Punto Próximo de Convergencia sin filtro</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 5. Correlaciones</i>	<i>55</i>

### **ÍNDICE DE FIGURAS**

<i>Figura 1. Fotografía lateral de una intérprete de trombón</i>	<i>47</i>
<i>Figura 2. Fotografía lateral de una intérprete de trombón</i>	<i>47</i>
<i>Figura 3. Fotografía frontal de una intérprete de trombón</i>	<i>48</i>
<i>Figura 4. Fotografía de la digitación de la vara de un trombón</i>	<i>49</i>
<i>Figura 5. Fotografía de la digitación en el mástil de una viola</i>	<i>50</i>
<i>Figura 6. Captura de pantalla de Cubase 5</i>	<i>51</i>
<i>Figura 7. Figura modelo empleada en el Test Figura Compleja de Rey</i>	<i>56</i>

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Justificación**

La afinación es uno de los principales criterios para valorar si un determinado sonido cumple su función estética dentro de una pieza musical (Ibáñez-Barrachina, 2009). Para que una obra suene afinada, el intérprete necesita percibir la altura —frecuencia del sonido— de las notas musicales que la componen y ser capaz de reproducirla fielmente con su instrumento dentro de un contexto armónico. Esta destreza auditiva es conocida coloquialmente como “*tener oído*” (López, 2006), pero no es la única implicada en la ejecución instrumental, ya que la reproducción de sonidos de la altura adecuada con un instrumento requiere de acciones motrices que además de resultados sonoros producen resultados perceptibles visualmente (Albert-Gargallo, 2017a).

En el ámbito educativo, entrenar el control de la afinación resulta dificultoso tanto para los músicos aprendices como para los maestros encargados de su instrucción, y el escaso nivel de dominio de esta destreza tiene consecuencias nefastas cuando el músico se intenta profesionalizar (Albert-Gargallo, 2017b). Para evitar tales problemas en el aula, conviene conocer qué factores sensoriales y cognitivos intervienen en el desarrollo del control de la afinación durante la práctica instrumental. Sabemos que muchos fracasos académicos relacionados con el aprendizaje de determinadas habilidades complejas se podrían evitar interviniendo sobre procesos sensoriales básicos (Albert-Gargallo, 2017b) y que nuestros sentidos interactúan de forma constante para ofrecernos información más completa de los estímulos que recibimos y dar respuestas adecuadas.

Esta investigación nace del interés por descomponer una tarea compleja como la interpretación musical en múltiples subtarefas medibles y cuantificables para conocer cómo interaccionan, lo que permitirá intervenir sobre ellas. En este caso, se pretende estudiar la relación entre el control de la afinación y variables neuropsicológicas de funcionalidad visual como son la memoria visoespacial y la convergencia ocular.

El instrumento musical seleccionado para el estudio fue el trombón de varas, ya que presenta la siguiente peculiaridad: las distintas notas se obtienen, en parte, elongando o acortando manualmente un tubo telescópico deslizante llamado *vara*, similar a un mecanismo de émbolo (Ordóñez-Escobar, 2016). La correcta afinación de cada nota depende en gran medida de cuánto alargue el instrumentista dicha vara, por lo que una colocación imprecisa de las posiciones de vara

afectará a la afinación. Puesto que el instrumento no dispone de ningún sistema de subdivisión o señalización, el trombonista, valiéndose de su percepción auditiva, visual y propioceptiva, aprende a estimar la longitud del tubo en la que se genera cada nota.

Se han encontrado estudios previos acerca de la importancia del feedback visual en la ejecución musical en intérpretes de instrumentos como el piano, la trompeta o el violín (Albert-Gargallo, 2017a, 2017b; Banton, 1995; Suárez, 2000), pero no de trombón. También llamó la atención del autor de esta investigación un curioso fenómeno observado en algunos intérpretes de viento metal —familia a la que pertenece el trombón—, que eran incapaces de tocar su instrumento sin el *feedback* que les proporcionaba mirarse al espejo mientras lo hacían, así como el caso de trompetistas invidentes que presentaban serias dificultades para colocarse correctamente el instrumento y accionar manualmente —digitar— sus llaves o pistones (Albert-Gargallo, 2017a). La visión, junto a la audición y propiocepción, actuaría como un elemento más aportando información para la regulación de la práctica instrumental afectando al resultado sonoro.

Esta investigación pretende evaluar si las funciones oculomotoras y la memoria visual intervienen en el aprendizaje del manejo —digitación— de la vara y por tanto en el control de la afinación en trombonistas. Las destrezas visuales aportarían al trombonista una información que en interacción con la recibida por vía auditiva —altura de la nota— y propioceptiva —elongación del brazo— contribuirían al control final de la afinación durante la interpretación. De ser así, podríamos descomponer la habilidad musical en factores sensoriales y cognitivos, y conceptos tan controvertidos como el talento o el genio, a menudo concebidos de forma romántica y casi mágica, podrían explicarse mejor por un correcto desarrollo e integración de múltiples capacidades neuropsicológicas cuantificables y susceptibles de entrenamiento. Este conocimiento permitiría identificar problemas concretos en el aula y diseñar programas de intervención para la mejora del aprendizaje del instrumento.

## **1.2. Problema y finalidad**

En el ámbito profesional y académico del intérprete de trombón, resulta de gran relevancia el dominio de la afinación, que se refiere al control de la altura adecuada del sonido. Este control de la altura depende de conceptos estrechamente ligados a la neuropsicología como son el *oído interno* y la *memoria auditiva*, y en el caso particular del trombón de varas cobra especial



importancia la *digitación*, entendida como la ubicación de los dedos y manos en el instrumento, la cual puede ser monitorizada por nuestro sistema visual.

Se han encontrado estudios acerca de la importancia del feedback visual en la ejecución musical de intérpretes de instrumentos como el piano (Banton, 1995) y la trompeta (Albert-Gargallo, 2017a, 2017b), y trabajos acerca de la relación entre digitación y afinación en intérpretes de violín (Suárez, 2000). Sin embargo, no se ha hallado literatura acerca de esta interacción en el trombón. Se pretende observar si existe correlación entre la funcionalidad visual del aprendiz de trombón y su control de la afinación durante la ejecución instrumental. Para ello se ha medido la calidad de la afinación de las notas producidas por los sujetos en una situación de práctica real, así como dos destrezas visuales aparentemente implicadas en la regulación oculomanual del manejo de la vara: la convergencia ocular y la memoria visual.

Este trabajo pretende responder a las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Existe relación entre la convergencia ocular y el control de la afinación en alumnos de grado elemental de trombón de la Región de Murcia?
2. ¿Existe relación entre la memoria visoespacial y el control de la afinación en alumnos de grado elemental de trombón de la Región de Murcia?

### **1.3. Objetivos del TFM**

#### **Objetivo general:**

Estudiar si existe relación entre la memoria visoespacial, la convergencia ocular y el control de la afinación en trombonistas.

#### **Objetivos específicos:**

- Revisar la literatura acerca de la relación entre las funciones del sistema auditivo y visual implicadas en el control de afinación.
- Realizar una investigación acerca de la relación entre memoria visoespacial, convergencia ocular y control de afinación durante la práctica instrumental en trombonistas.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Percepción auditiva y afinación**

#### **2.1.1. Consideraciones educativas**

El Decreto nº. 75-2008, de 2 de mayo, por el que se establece el currículo de las enseñanzas profesionales de música para la Región de Murcia, dispone que los alumnos deberán aprender a “utilizar el oído interno como base de la afinación” (art 3). La afinación y el desarrollo del oído para el control de la afinación se mencionan entre los objetivos y contenidos de las asignaturas en las que participan alumnos de trombón, como son Música de Cámara, Orquesta y Banda, y en los objetivos para la asignatura Trombón se incluye el entrenamiento permanente y progresivo de la memoria, así como el de aprender la correcta digitación.

El control de la afinación requiere de la percepción de la altura del sonido. Puesto que la combinación de sonidos de distinta altura es la que da lugar a la melodía y la armonía de la música, muchos autores consideran la capacidad de discriminar alturas como la más importante al hablar de educación musical (Pinilla, 2012; Willems & Medina, 2001).

A lo largo del siglo XX surgen numerosos test estandarizados y baterías de pruebas objetivas para evaluar el denominado talento musical, y la mayoría descomponen dicho talento en distintas aptitudes subordinadas entre las que siempre se incluyen las relacionadas con la percepción de la altura de los sonidos: discriminación de altura, sentido del tono, memoria tonal. Es el caso del Measures of Musical Abilities de Bentley, el Kwalsser-Dykema Music Test, el Wing Standardized Test of Musical intelligence y el Seashore's Measures of Musical Talents (López, 2006).

Estas pruebas se sirven de diapasones y grabaciones de tonos puros para medir la discriminación auditiva diferencial de tonos y la memoria auditiva, exponiendo al sujeto a secuencias de estímulos sonoros y pidiéndole que indique cuál le parece más agudo o grave, que identifique cambios en la altura de un sonido o que localice la nota incorrecta en una melodía (Gual y Latorre, 2016; López, 2006). Su interés se centra en medir la percepción de alturas, pero a menudo obvian la aptitud del sujeto para reproducirlas mediante emisión vocal o con un instrumento. Resulta contradictorio si tenemos en cuenta que, según López (2006), la formación

académica de los alumnos está orientada a la interpretación, y por tanto debemos conocer al detalle las condiciones del alumno en situaciones naturales de práctica si queremos que esta resulte efectiva. Además, un mismo sujeto puede mostrar un alto desempeño en unas tareas musicales y en otras bajo, aunque estén íntimamente relacionadas, sobresaliendo el músico que reúna en todas ellas un nivel de dominio elevado (López, 2006).

### **2.1.2.     *Altura, tono y afinación***

Cada sonido que percibimos se debe a oscilaciones o perturbaciones periódicas (ondas senoides) que se producen por la vibración de un cuerpo y se propagan por un medio físico hasta alcanzar nuestro sistema auditivo. La altura es la propiedad física del sonido que nos permite clasificar los sonidos como más agudos o más graves y viene determinada por la magnitud llamada *frecuencia*, es decir, el número de veces que se repite una onda senoide dentro de un intervalo temporal (Gustems, 2012).

El tono, sin embargo, es una sensación subjetiva, una abstracción psicológica de la frecuencia de los sonidos. Aunque la altura es una variable continua, nuestro cerebro establece una cantidad reducida de relaciones interválicas discretas entre tonos. Esto compensaría las limitaciones en la precisión de nuestro sistema sensorial, que incapaz de percibir cambios infinitesimales en la frecuencia, crea un sistema limitado de valores categóricos a los que nombramos con las notas musicales (Deutsch, 2013; Pinilla, 2012).

Ibáñez-Barrachina (2009) define los sistemas de afinación como “cada una de las maneras de elegir los sonidos que utiliza la música (...). Los sonidos admitidos por el sistema de afinación se denominarán sonidos afinados o notas musicales” (p.77). Estos sistemas de afinación consensuados por la cultura, pautan de acuerdo a criterios estéticos y utilizando métodos matemáticos, las frecuencias sonoras aceptadas como válidas.

Pese a la ya mencionada limitación en la sensibilidad de nuestro oído, nuestra agudeza auditiva puede entrenarse para percibir pequeñas desviaciones en la altura, lo cual es fundamental para controlar la afinación de forma precisa durante la interpretación. Los estudios avalan que a los 7 años la mayoría somos capaces de discernir diferencias de un cuarto de tono y se produce una mejora considerable en la discriminación tonal de los 7 a los 14 años (Bentley, 1967; Lafarga & Sanz, 1998). Willems (2001), a través de mediciones con audiómetro, estableció que un buen músico percibía diferencias o desviaciones de entre una cincuentésima y una centésima de tono. Con la práctica, según Hargreaves (1986) los músicos desarrollan una representación interna

consistente y cada vez más precisa de las relaciones entre los 12 semitonos que forman la escala tonal occidental. Pero el músico puede cometer errores al reproducirlos. Entre los problemas a la hora de reproducir la altura de un sonido musical, Pahlen (1961) diferencia entre desentonación y desafinación. La primera es la incapacidad de reproducir siquiera una aproximación que haga reconocible la nota deseada y en algunos casos está asociada a la amusia o sordera tonal. La segunda, que es la que nos ocupa, consistiría en una ligera desviación, no superior al semitono, respecto al sonido deseado. Es muy común entre la población de músicos y no músicos y puede deberse a un fallo de emisión, a una distorsión en el recuerdo de la altura del sonido o a un fallo de conducción entre el recuerdo y su reproducción.

Por tanto, la producción de sonidos afinados viene precedida por aptitudes auditivas como la discriminación tonal y la memoria tonal, consistiendo la primera en la diferenciación de intervalos de frecuencias y la segunda en la codificación, almacenamiento y recuperación de la información acerca de dichos intervalos. Willems y Medina (2001) describen estas aptitudes auditivas como procedimentales, es decir, dependen de la memoria implícita. En este sentido, Soria-Urios, Duque y García-Moreno (2011) consideran que tocar una pieza requiere de una memoria de trabajo, operativa, que retenga temporalmente información acerca del tono para poder ajustarlo después, como ocurre en el caso de la práctica regulada (ver 2.1.4). Conviene detenerse aquí en algunas breves definiciones de Portellano (2005) sobre los procesos de memoria implicados en la práctica, ejecución o interpretación musical:

- La memoria sensorial: conserva la huella del estímulo sensorial durante menos de un segundo. Después, la información puede pasar al almacén de memoria a largo plazo si intervienen otros sistemas de procesamiento. A lo largo de este estudio nos centraremos en la memoria ecoica —auditiva, proyectada en el córtex auditivo del lóbulo temporal— e icónica —visual, proyectada en el córtex visual del lóbulo occipital—.
- La memoria procedimental: se manifiesta a través de la ejecución de actividades perceptivo-motoras o cognoscitivas no declarativas. Es un producto de la memoria implícita, aquella que depende de experiencias previas de las que podemos no ser conscientes. Requiere de la práctica y la repetición para consolidarse. Se localiza en los ganglios basales y en córtex occipito-parieto-temporal, área ubicada en la convergencia de los tres lóbulos posteriores que integra la información visual, táctil y auditiva y resulta crucial para la interpretación musical, como veremos más adelante.

### **2.1.3. El oído interno o audición interior**

La discriminación tonal y la memoria tonal dependen de lo que Willems y Medina (2001) llaman el oído interno<sup>1</sup> o audición interior. El sonido imprime en la corteza auditiva una huella o engrama que posteriormente podremos reproducir o evocar mediante lo que denominan imaginación creadora o reproductora: “El niño desea reproducir un sonido que ha dejado en su imaginación una imagen<sup>2</sup> auditiva” (Willems & Medina, 2001, p.60). Presenta semejanzas con el lenguaje interior, habla subvocal o endofasia. Sobre las analogías con el lenguaje volveremos más adelante (ver 2.1.6).

Gordon (2007) utiliza el término *audiación* para referirse al proceso activo por el que “el sonido se convierte en música (...), traducimos los sonidos en la mente y le damos significado” (p.3). Gordon entiende la *escucha interior* como simple imitación y la considera un paso previo a la verdadera audición. “La imitación es análoga a usar un papel de calco para hacer un dibujo, mientras que la audición es análoga a visualizarlo<sup>2</sup> antes de dibujarlo” (p.10). Acepta que la memoria y el reconocimiento son previos a la audición, pero podemos reconocer una melodía y aun así ser incapaces de reproducirla correctamente. Este concepto es semejante a la ya mencionada *imaginación reproductora* de Willems y Medina (2001), la *proyección de la audición interna* descrita por Albert-Gargallo (2017b) o la *escucha produccional* de Shifres y Burcet (2013). Estos últimos describen la escucha produccional como el proceso mediante el cual “nos involucramos con la música con la finalidad deliberada de ajustar adecuadamente una acción propia al fenómeno musical manifiesto” (p.9). Consideran que la escucha dirigida a la interpretación propia es diferente a la exclusivamente receptiva y que aprendemos estrategias cognitivas relacionadas con aspectos de la música como la altura, que aplicadas mediante la imaginación de la acción de tocar favorece el ajuste tonal —afinación— durante la práctica. Esto

---

<sup>1</sup> El oído interno se refiere aquí a la percepción sensorial relacionada con proyecciones corticales de estímulos sonoros, no a la acepción anatómica de oído interno (órgano vestibulococlear).

<sup>2</sup> Los autores recurren constantemente a la palabra imagen y a otras analogías con fenómenos visuales para describir procesos auditivos, lo que da cuenta de la importancia otorgada a la información visual.

nos conduce a la implicación de la audición interna en la situación de práctica autorregulada que se describe a continuación.

#### **2.1.4. *Práctica autorregulada y control de afinación***

La audición interna dirigiría la afinación durante la interpretación, ya que según Gordon (2007) retenemos la altura de las notas y hacemos una reproducción mental lo más fiel posible para predecir lo que sonará en una melodía que nosotros mismos estamos produciendo. Para Soria-Urios et al. (2011) es fundamental que el sujeto identifique y retenga la relación sonido-acción, ya que el sistema auditivo dirige el acto motor ofreciendo predicciones de cómo debería sonar —proalimentación— a la vez que recibe información de cómo suena —retroalimentación— para así ajustar nuestros actos. Como afirma Simonovich (2001) “la audición pauta a la ejecución y la ejecución pauta a la audición (...) este proceso se realiza en espiral (...) escuchar es el primer paso de un ciclo que se continúa con la ejecución” (como se cita en Ordóñez-Escobar, 2016).

Parece evidente que percepción y ejecución musical se encuentran íntimamente relacionadas por un circuito cerrado de retorno, bucle o retroalimentación que monitoriza la acción de tocar. El oído nos permite realizar correcciones o modificaciones en la altura del sonido mientras interpretamos música, comparando el resultado obtenido —altura que emitimos con el instrumento— y el resultado esperado —altura de referencia almacenada en la memoria de nuestro oído interno—, imitando así un modelo mental previo. En este sentido, Albert-Gargallo (2017b) habla de práctica autorregulada y acuña el término Proyección de la Audición Interna (PAI), como la previsión que el oído interno hace del resultado sonoro. Según Albert-Gargallo por PAI “se entiende la habilidad cognitiva de proyectar un sonido en el entorno imaginativo de la audición interna durante la ejecución del instrumento”. Y añade:

El entrenamiento consiste en la interacción del estudiante con la proyección de la audición interna y el resultado sonoro [...] el estudiante debe abandonar paulatinamente la atención de los procesos motrices que derivan de las habilidades básicas, ya consolidadas, y debe concentrarse en una repetición autorregulada a través de la proyección de la audición interna y resultados sonoros (p.330).

La producción de sonidos afinados sería pues la manifestación de que el sujeto posee en su oído interno un recuerdo de la altura o frecuencia de las notas correctamente codificado, almacenado y posteriormente evocado. De hecho, como explicaremos a continuación, tanto en la percepción como en la producción del sonido se activan las mismas áreas corticales.

### **2.1.5. Neuropsicología del tono y la afinación**

Si bien ambos hemisferios cerebrales trabajan juntos en el procesamiento de la información musical, observamos cierta especialización del hemisferio derecho (HD) para la música. Zatorre, Belin y Penhune (2002), encontraron que la corteza auditiva del HD logra una mejor resolución espectral, lo cual facilita el análisis en detalle de cambios precisos en la frecuencia de onda y por tanto del tono. Concretamente, es el giro temporal superior derecho, según Andrade (2004) el implicado en la percepción de la diferencia de alturas. Coincide con Moreno (2003) que afirma que el HD interviene en el procesamiento de las características físicas del sonido como la altura, tiene un papel fundamental en la imaginación musical y regula la entonación melódica durante la interpretación.

Como explican Soria-Urios et al (2011) los estímulos sonoros llegan al córtex auditivo primario del HD —AB 41 y 42 del lóbulo temporal— y secundario —AB 22— que realizan un análisis del tono. Estas mismas áreas cerebrales participan tanto en la percepción del sonido como en el acto de imaginarlo y reproducirlo, por lo que, basándonos en estos autores, podríamos considerar estas áreas parte del sustrato anatómico para los fenómenos de audición, imaginación reproductora, escucha produccional o proyección de la audición interna descritos anteriormente (ver 2.1.4). Para que durante la interpretación musical existan los procesos de retroalimentación y proalimentación descritos por Soria-Urios et al. (2011) como reguladores de la ejecución (ver 2.1.4) se requiere también de un control de la coordinación, secuenciación y organización espacial, lo que implica al córtex parietal del HD para la integración de información espacial, sensorial y motora. De hecho, el HD se especializa asimismo en las funciones visoespaciales que se estudian también en este trabajo (ver 2.2.3).

Las áreas involucradas en la percepción y producción del sonido estarían conectadas, de acuerdo con Gual y Latorre (2016), por el fascículo arqueado (FA). Tal conexión ha sido ampliamente estudiada para la percepción y reproducción del lenguaje en áreas del HI, pero no en el HD para la música. No obstante, igual que ocurre en la afasia de conducción con regiones análogas del HI, las personas con sordera tonal o amusia también muestran una conductividad del FA del HD anormalmente reducida, lo que invita a establecer paralelismos entre afasia y amusia. Ball (2012) define la sordera tonal o amusia como una percepción defectuosa de las relaciones tonales que impide discriminar la altura de los sonidos. En sus estudios con sujetos con sordera tonal, Loui, Alsop y Schlaug (2009) encontraron que la ausencia de la rama superior e inferior del FA predecía un déficit en la discriminación y producción del tono:

Dentro del grupo de sordos al tono, el FA superior no fue identificable en el hemisferio derecho para 9 de cada 10 sujetos y en el hemisferio izquierdo para un sujeto (...). La estructura del FA está interrumpida en personas con sordera al tono, lo que resulta en una red de percepción-acción deteriorada (p.10215).

De acuerdo con estos estudios, la afinación de los tonos durante la fase de emisión del sonido —interpretación— en individuos no amúsicos, podría verse afectada tanto por una mala codificación en el oído interno como por una incorrecta conducción hacia las áreas de imaginación reproductora o proyección de la audición interna, como ocurre con los distintos tipos de afasia, lo cual induce a considerar la idoneidad de estudiar analogías con el lenguaje.

#### **2.1.6. *Paralelismos entre música y lenguaje***

Según Soria-Urios et al. (2011) “la música y el lenguaje tienen representaciones corticales diferentes y (...) pueden verse alteradas de manera independiente” (p.45). No obstante, afirma que el área de Broca y su homóloga derecha se activan para la sintaxis de la música —refiriéndose a reglas de ordenación, relación y función de los elementos musicales— así como para el lenguaje. En un sentido similar, Blacking (1974) niega que existan razones para considerar la música como un tipo de idioma, ni que los métodos u objetivos al investigar uno y otro deban ser los mismos. Si bien acepta que existen algunos paralelismos, los considera estructuras totalmente diferentes. Tampoco considera la habilidad musical como algo innato, pero acepta que los seres humanos poseemos una competencia musical universal innata similar a la gramática universal propuesta por Chomsky, que nos proporciona las bases para establecer relaciones sintácticas emergentes entre sonidos musicales cuando somos expuestos a ellos. Esta idea coincide con la afirmación de Andrade (2004) de que el reconocimiento de estructuras melódicas y la percepción de consistencias entre intervalos tonales, son también características comunes y universales a todos los humanos, como ocurriría con la gramática universal del lenguaje.

Sloboda (2015) encuentra evidencia de que los niños parecen tener una habilidad natural para aprender las reglas tanto del lenguaje como de la música siempre que sean expuestos a ambientes que les proporcionen ejemplos, y considera relevante el hecho de que las primeras producciones de lenguaje espontáneo y canto espontáneo aparecen a la vez a lo largo del proceso madurativo del niño. Sloboda habla incluso de “fonología” del tono y propone que fonema y tono son comparables ya que ambos poseen unos parámetros de frecuencia sonora determinada que nuestro cerebro analiza y procesa. Coincide con Lafarga y Sanz (1998) que remiten a los experimentos de Siegel y Siegel (1977) según los cuales un músico categoriza los tonos de manera



similar a como lo haría con las consonantes del lenguaje. Para Andrade (2004), la diferencia radica en que los sonidos musicales, a diferencia de las palabras, no hacen referencia a otras realidades a las que denominan. Sin embargo, ambos lenguajes “consisten en la organización intencional de sonidos basada en la modulación de sus propiedades espectrales y temporales” (p.22).

## **2.2. Destrezas visuales**

El trombonista aprende de forma inconsciente, mediante memoria procedimental, que colocar la vara a una longitud inapropiada, alargando más o menos de lo necesario, puede afectar al resultado sonoro haciendo que la frecuencia del sonido —afinación— quede demasiado aguda o demasiado grave (ver Anexo I). El intérprete además de valerse de la discriminación tonal y memoria tonal a través de su oído interno (ver 2.1.3.) para ajustar la altura de la nota, puede apoyarse en el feedback que le proporciona el sistema visual, el cual monitoriza y dirige los movimientos de su mano y establece relaciones sensoriales intermodales entre la ubicación espacial de la vara y la altura de la nota emitida. La mano que maneja la vara se aproxima y se aleja respecto a los ojos del intérprete implicando a la visión binocular y estereoscópica para obtener una buena imagen tridimensional y percepción de la profundidad, así como movimientos oculares de seguimiento como la convergencia (ver Anexo II y III).

### **2.2.1. Referencias visuales y resultado sonoro**

Los músicos parecen ayudarse de relaciones arbitrarias entre los eventos sonoros y realidades que nada tienen que ver con la cualidad física de la altura. Por ejemplo, según distintos estudios, a la hora de tocar, los individuos músicos tienden a confundir con más frecuencia una nota con otra si ambas comparten vocal en su nombre —ejemplo: emitir *sol* en lugar de *do*, *fa* en lugar de *la*, o *si* en lugar de *mi* (Silva, Galdino, Gadelha, Andrade & Santos, 2013). También se usan relaciones visuales y espaciales arbitrarias para la altura: es llamativo que nos refiramos a los sonidos graves como bajos y a los agudos como altos, ya que esta no es más que una convención cultural (Ruiz, 2017). De hecho, algunas herramientas didácticas usadas en el ámbito académico también requieren de la percepción visual, como la escritura en pentagrama que ubica más arriba los sonidos más agudos y más abajo los graves o los afinadores electrónicos que utilizan colores — luz verde para sonidos afinados; roja para desafinados— o una aguja que marca sobre una línea graduada la desviación de la nota (Albert-Gargallo, 2017a; Ibáñez-Barrachina, 2009). Parece

evidente que el sistema visual puede aportar información sensorial que sirva de soporte a la ejecución musical, complementando a la información auditiva. En esta línea, Price y Henao (2011) señalan que “las actividades cotidianas dependen en un gran porcentaje del sistema visual. La visión se ha convertido en uno de los sentidos más relevantes” (p.94). Y según Da Fonseca (2000) “la relación visión-espacio-movimiento es fundamental a todos los aprendizajes, en la medida en que activa estructuras direccionales y vestibulares, sensitivas y óculo-motoras, espaciales y temporales” (p.170).

Albert-Gargallo (2017a) apunta que la proyección de la audición interna (PAI) genera un resultado sonoro —notas musicales, melodía—, pero también un resultado visible —acciones motrices, posición corporal, etc—. Estos diferentes resultados visibles proporcionan *feedback* que permite llevar a cabo modificaciones en la ejecución para hacerla más eficiente (Jordá citado en Albert-Gargallo, 2017a). Albert-Gargallo afirma que el conjunto de *feedbacks visuales* generados por la acción motriz permiten ajustes de esta al interaccionar con la PAI en cada repetición —ensayo error— acercándonos al resultado deseado. Las investigaciones de Banton (1995) mostraron que los pianistas cometían un número significativamente mayor de errores al interpretar una pieza corta repentizada si se les impedía mirar al teclado. Y Wilson, Lee, Callaghan y Thorpe (2008) en su estudio encontraron que los sujetos a los que se proporcionaba *feedback* visual en tiempo real —podían ver el espectro de onda de la nota que cantaban en una pantalla— mejoraban su afinación con respecto al grupo control que no tenía *feedback* visual. A continuación, se propone un ejemplo del uso de *feedback* visual aplicado al trombón:

Cuando el trombonista realiza un primer intento y no consigue ejecutarlo, realiza variaciones (...) en este caso, moviendo la vara (...). Mientras todo esto sucede, la mente registra a través de la vista la posición de la vara, su ángulo y su altura, de manera que en el siguiente intento será capaz de apoyarse en dicha percepción para ubicar el trombón en la boca y conseguir el equilibrio entre el instrumento y la postura corporal (Albert-Gargallo, 2017a, s/p).

Por lo tanto, el *feedback* visual puede convertirse en un factor importante en situaciones de enseñanza-aprendizaje de la música y merece ser estudiado, ya que según cómo se maneje podría mejorar o empeorar la interpretación. Hasta tal punto que algunos estudios sugieren que observar de forma directa y atenta nuestras acciones motrices, puede afectar negativamente a su ejecución eficiente, incluso dar lugar a una dependencia excesiva y casi obsesiva de la información visual, lo cual hace reflexionar acerca de la pertinencia de conocer y regular su uso durante la práctica (Albert-Gargallo, 2017a, 2017b; Wulf, 2007).

### **2.2.2. Memoria visoespacial y movimientos oculares**

Entre los subsistemas que componen el sistema visual, Price y Henao (2011) se refieren a un sistema de análisis visual, un sistema visomotor y uno visoespacial. Los dos últimos son los que interesan para el control de la ubicación espacial de la vara del trombón y se desarrollarán a continuación.

Price y Henao (2011) describen la memoria visual como “la habilidad para recordar el material visualmente presentado” y la memoria espacial como “la habilidad para recordar la localización espacial de un objeto”. Llamamos memoria visoespacial a la resultante de la coordinación de ambas. Según Roselli (2015) dicha memoria visoespacial depende de dos grandes subsistemas corticales. El primero, cuya función es identificar los objetos y sus características, sigue una red neuronal que parte del lóbulo occipital y se dirige al temporal por una vía ventral (vía del *qué*). El segundo, que nos indica las coordenadas espaciales en las que se ubica el objeto, parte del occipital y se dirige al parietal por una vía dorsal (vía del *cómo*).

Para que al sistema visoespacial llegue información fiable, los ojos trabajan de forma coordinada a nivel motor ofreciéndonos una única imagen perceptual a partir de las dos imágenes retinianas. A esto se le llama visión *binocular* y depende del solapamiento de ambos campos visuales monoculares. Nos permite conocer la localización espacial de los objetos, así como su dirección y distancia a nosotros. El subsistema oculomotor de ambos globos oculares realiza los movimientos apropiados para mantener la correcta alineación de los dos ojos y conseguir una percepción no doble (Verdú y Moreno, 2004). Estos movimientos permiten el seguimiento de un objeto por el espacio con la mirada y entre ellos se incluyen las vergencias, movimientos oculares que varían el ángulo de cruce de los ejes visuales permitiendo seguir el desplazamiento de un objeto que se acerca o se aleja de nosotros. Si el objeto se encuentra alejado, los ejes visuales permanecen en paralelo (vergencia nula) y si se acerca los ejes convergen. Así llamaríamos convergencia al movimiento de aumento del ángulo y divergencia al movimiento de disminución del ángulo (Verdú y Moreno, 2004). Los músculos recto interno y recto externo producen los movimientos de aducción y abducción que generan los movimientos de vergencia ocular. También intervienen los músculos recto inferior y superior y los oblicuos inferior y superior.

Las disfunciones binoculares son un motivo de consulta frecuente en las clínicas optométricas, pues afectan al rendimiento académico y laboral. La insuficiencia de convergencia (IC) es uno de los problemas de visión binocular más comunes y consiste en la dificultad para mantener una convergencia adecuada sin esfuerzo. Los ojos tienden a desviarse hacia afuera —

exoforia— o a converger en exceso —endoforia—. La IC es un problema frecuente en los niños con edades entre 6 y 12 años (Hernández-Santos et al., 2013; Molina, Piedad & Forero-Mora, 2010).

Como explica Rosselli (2015), el control oculomotor voluntario es fundamental para manipular objetos de manera exitosa. Los movimientos oculares intervienen en el calibrado del movimiento de la mano y de todo el posicionamiento del cuerpo con respecto al objeto a manipular (Álvarez, 2016; Rosselli, 2015). Valverde-Gonzales (2017) define la coordinación viso-manual u óculo-manual como la capacidad de conectar la acción de los ojos y las manos de forma que éstas últimas realicen movimientos sincronizados y voluntarios que permitan un fin práctico como agarrar objetos y manipularlos. Puesto que la colocación de la boquilla del trombón sobre un punto fijo de los labios impide realizar movimientos de cabeza respecto al ángulo del instrumento, dependemos exclusivamente de los movimientos oculares para seguir el desplazamiento y ubicación espacial de la vara cuando la movemos con la mano para digitar las distintas posiciones de cada nota.

### **2.2.3. Neuropsicología del sistema visospacial y su relación con el tono**

En sus estudios, Baylis, Rolls y Leonard (1987), encontraron que diferentes subáreas de la región temporal funcionaban como módulos con cierta especificidad, pero interconectados: algunas de ellas respondían a estímulos auditivos —en concreto a los tonos—, otras a estímulos visuales —como forma y movimiento— y otras a ambos tipos de estímulo de forma indistinta.

Las fibras de asociación o fascículos que conectan áreas corticales de un mismo hemisferio, son bidireccionales. El fascículo longitudinal inferior (FLI) comunica de forma bidireccional el temporal posterior y el occipital entre otras áreas. El procesamiento visual, espacial y auditivo ocurre en paralelo mediante el intercambio simultáneo de señales en ambos sentidos, de unas áreas hacia otras. La corteza occipital, en la que se proyectan los estímulos visuales, recibe aferencias por vía ventral del córtex auditivo temporal permitiendo dar significado semántico a lo que vemos, mientras que por vía dorsal recibe información del parietal acerca de las relaciones espaciales y de movimiento (González y Hornauer-Hughes, 2014; Palacios y Clavijo-Pardo, 2016).

Igual que ocurre con el fascículo arqueado ya descrito (ver 2.1.5), en el HI la función del FLI ha sido ampliamente estudiada para el lenguaje verbal, y explica la asociación inmediata que hace el cerebro entre las características de un objeto —vía ventral temporal del *qué*— y su orientación

espacial —vía dorsal parietal del *cómo*—. Podría ocurrir un fenómeno similar en el HD que asociara características físicas de eventos sonoros —altura— con localizaciones espaciales<sup>3</sup> —posición de la vara—. De hecho, en los giros supramarginal (AB 40) y angular (AB 39) del parietal inferior del HD se procesan tanto los rasgos sonoros de los fonemas<sup>4</sup> como los visuales de los grafemas. Y esta región es a su vez fundamental en la integración multimodal visual, auditiva y táctil, ya que participa tanto en la percepción de la melodía como en el procesamiento visoespacial y los movimientos voluntarios (González y Hornauer-Hughes, 2014; Portellano, 2005; Silva et al., 2013), por lo que podría establecer relaciones entre ubicación espacial y tono.

#### **2.2.4. Sistema vestibulococlear: entre la percepción auditiva y la visoespacial**

El sistema vestibulococlear está implicado en el tacto, la visión y la escucha (Tomatis, 2019). La cóclea interviene en el procesamiento de la altura del sonido ya que realiza un primer análisis de frecuencia de las ondas (Deutsch, 2013). Como explica esta autora, cada punto a lo largo de sus membranas:

...vibra a amplitud máxima para una frecuencia específica [...] las altas frecuencias son representadas cerca de la base; las bajas frecuencias son representadas cerca del apéndice de la cóclea. La escala de frecuencias del sonido se convierte en una escala espacial a través de la membrana basilar (p.4).

Ya a nivel de tronco encefálico, diversas ramificaciones del núcleo vestibular atraviesan áreas acústicas y terminan en núcleos motores oculares implicados en la convergencia como el abducens—, que a su vez también reciben fibras procedentes del centro del reflejo auditivo en el

---

<sup>3</sup> También durante la lectura de partituras, los músicos experimentados asocian de forma inmediata la ubicación espacial de figuras a distinta altura del pentagrama con la altura tonal sin requerir mediación verbal.

<sup>4</sup> Un fonema es un sonido abstracto con rasgos sonoros distintivos que nos permiten reconocerlo y diferenciarlo (categorizarlo) incluso aunque las personas lo pronuncien con leves variaciones sonoras debidas a cuestiones geográficas (acento) o de fisionomía bucal. Similar al reconocimiento de un tono pese a leves variaciones en su afinación. El lector automatiza la asociación inmediata entre el fonema (estímulo auditivo) y el grafema (estímulo visual) incluso aunque existan diferencias tipográficas.

colículo inferior (Gray, 2009). Por tanto, la sección del oído que realiza el primer análisis de la altura del sonido está íntimamente conectada a sistemas que intervienen en control del espacio, la posición corporal y el seguimiento visual de objetos. Hay evidencia de que los niños con problemas vestibulares presentan dificultades de integración sensorial. El niño con problemas vestibulococleares poseerá una pobre representación de su propio instrumento corporal, y por extensión, de instrumentos externos como los musicales (Tomatis, 2019).

Tomatis (2019) entiende que el sistema vestibular mide desplazamientos físicos de gran amplitud como son los movimientos del propio cuerpo mientras que la cóclea es sensible a desplazamientos infinitesimales como los de las ondas sonoras, trazando una interesante conexión entre la percepción de sonidos y la de movimientos a nivel evolutivo —pensemos en la relación entre música y danza—, hasta considerar el sistema vestibulococlear como un antecesor importante del encéfalo.

### ***2.2.5. Integración sensorial y percepción multimodal***

Echeverría-Palacio, Uscátegui-Daccarett y Talero-Gutiérrez (2018) afirman que las desviaciones del lenguaje deben abordarse desde la integración sensorial, ya que el desarrollo del lenguaje empieza con la discriminación de la información auditiva y posteriormente se completa con la información visual que proporciona la correspondencia entre el lenguaje y las imágenes además de permitir la imitación de la gesticulación. En cuanto a la información propioceptiva, aporta retroalimentación de los patrones motores implicados en la articulación. Se aprecian numerosas similitudes entre el proceso de adquisición del lenguaje descrito por estos autores y la adquisición del dominio de la práctica musical instrumental. Este paralelismo, anteriormente detallado (ver 2.1.6.), sugiere la idoneidad de proponer también para la enseñanza de la música un acercamiento desde una perspectiva multimodal y de integración sensorial.

La manipulación de herramientas, que abarca desde el uso del lápiz hasta el de un instrumento musical, comienza a tener lugar entre los 5 y 7 años y requiere de una buena integración sensorial de todos los sentidos con el input visual (Ayres y Robbins, 2005). Se define la integración sensorial como la organización que hace el cerebro de todos de los inputs sensoriales. Es inconsciente, pero nos permite responder a los estímulos del entorno de forma voluntaria y adaptativa. Muchos problemas de aprendizaje, incluyendo los relacionados con la música, pueden ser causados por una integración sensorial inadecuada (Ayres y Robbins, 2005; Bellefeuille, 2006).

Howard-Jones (2010) considera que la estimulación multimodal —a través de varios sentidos a la vez— favorece el aprendizaje más que la estimulación de cada sistema sensorial por separado. Esto concuerda con muchas prácticas docentes habituales en la enseñanza musical actual, que en ocasiones recurre a la estimulación visual mediante representaciones gráficas —uso de colores, musicogramas, etc.— y al movimiento corporal —uso de la danza y de espejos para ver el movimiento del propio cuerpo—para enseñar la música. Un ejemplo muy evidente de ello es el método Dalcroze (Findlay, 1995). Es importante señalar que igual que existe una estrechísima relación cultural, histórica y física entre música y movimiento a través de la danza, los movimientos corporales sincronizados implicados en la manipulación de instrumentos musicales son inseparables del resultado sonoro y son a su vez monitorizados por la visión.

Los estudios de Acevedo (2003) realizados en niños con música y colores mostraron que “la mayoría de los niños encontró una conexión entre el fragmento musical en modo menor y el color más oscuro” (p.6). Este sería un indicador de que nuestro cerebro puede establecer asociaciones entre la información visual y la auditiva. Acevedo utiliza el término *analogía intermodal* para referirse a un fenómeno similar a la sinestesia cuya naturaleza no sería neurológica sino emocional, subjetiva. Lafarga y Sanz (1998) también encontraron que “al menos en las primeras etapas del aprendizaje musical, la imaginación auditiva parece precisar del soporte de la imaginación cinestésica” (p.108). Por su parte, Miller, Boone, Cummings, Read y Mishkin (2000) observaron correlación entre el talento musical y el visual en pacientes con demencia frontotemporal y algunos estudios apuntan a que podría existir una acción facilitadora de las habilidades musicales sobre las visoespaciales, algo que ya propuso Gardner (Andrade, 2004; Navascués-Irigoyen, 2015).

### **2.3. Acerca del trombón y otros instrumentos**

El trombón de varas es un instrumento de la familia de viento-metal que presenta una interesante peculiaridad que lo diferencia del resto:

Se caracteriza por la vara corredera telescópica con la que se alarga el tubo. Las siete posiciones, en combinación con la presión de aire que produce el músico, determinan la altura del sonido de la nota. [...] la sección telescópica hace posible variar la longitud del tubo, y por lo tanto alterar la frecuencia resonante. Es el único instrumento, además de la familia del violín, con el que es posible obtener una frecuencia continua deslizante de un lado a otro del rango de frecuencias de la fundamental (Diagram Group, 2004, p.49).

Los dispositivos patentados por Keefer y Galetti (1925) o más recientemente por Purdue (2000) ideados para facilitar a los aprendices de trombón la ubicación de las posiciones de la vara, aunque fueron inventos poco exitosos, sirven para dar cuenta de la importancia otorgada a la correcta colocación espacial de la vara. Concretamente, si nos detenemos en el control de la afinación, ateniéndonos a las explicaciones de Albert-Gargallo (2017b), observamos que los estudiantes de viento metal si bien efectúan cambios en el tracto vocal para ajustar la afinación de las notas, también calibran la afinación mediante ajustes en la longitud del tubo del instrumento manipulando sus distintas bombas.

Existen precedentes de trabajos con interés en explorar recursos didácticos para mejorar el control de afinación interviniendo en la localización espacial de la mano en instrumentos de cuerda frotada, como el violín, cuya digitación comparte un cierto parecido con la del trombón: “uno de los grandes problemas con el que se encuentran los alumnos que comienzan el estudio de los instrumentos de cuerda y arco [...] es el de ubicar los sonidos en el diapason del instrumento con una afinación exacta” (Suárez, 2000). Se debe a que estos instrumentos no disponen de trastes que señalicen la ubicación exacta de la nota, por lo que obligan al intérprete a estimar a qué longitud del diapason debe pulsar las cuerdas (ver Anexo IV), guiándose por su percepción para ser lo más preciso posible. Esto es similar a lo que ocurre en el trombón, si bien no se han encontrado estudios concretos para este instrumento.

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Objetivos**

##### ***Objetivo general:***

Estudiar si existe relación entre la memoria visoespacial, la convergencia ocular y el control de la afinación en trombonistas que estudian grado elemental en los conservatorios de la Región de Murcia.

##### ***Objetivos específicos:***

- Evaluar la memoria visoespacial y la convergencia ocular de una muestra de alumnos de trombón de la Región de Murcia.



- Determinar de forma objetiva la afinación de los participantes durante la práctica del instrumento.
- Establecer si existe asociación entre variables neuropsicológicas y el rendimiento en afinación.

### **3.2. Hipótesis**

**Hipótesis 1:** Se espera hallar una relación significativa entre memoria visoespacial y control de afinación en trombonistas de grado elemental de la Región de Murcia

**H<sub>0</sub>:** No hay relación significativa entre memoria visoespacial y rendimiento en afinación en los trombonistas de grado elemental de la Región de Murcia.

**H<sub>1</sub>:** Existe relación entre memoria visoespacial y rendimiento en afinación en los trombonistas de grado elemental de la Región de Murcia.

**Hipótesis 2:** Se espera hallar una relación significativa entre convergencia ocular (PPC) y control de afinación en los trombonistas de grado elemental de la Región de Murcia.

**H<sub>0</sub>:** No hay relación significativa entre convergencia ocular (PPC) y rendimiento en afinación en los trombonistas de grado elemental de la Región de Murcia.

**H<sub>1</sub>:** Existe relación entre convergencia ocular (PPC) y rendimiento en afinación en los trombonistas de grado elemental de la Región de Murcia.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

Se ha escogido como población a los estudiantes de trombón de grado elemental de los conservatorios de las tres localidades más pobladas de la Región de Murcia.

Se ha realizado un muestreo no probabilístico accidental. La muestra estuvo compuesta por 30 alumnos de trombón, 10 niñas y 20 niños, de entre 8 y 14 años, con una media de edad de 10,47  $\pm$  1,676, que cursaban grado elemental en alguno de los principales Conservatorios de Enseñanza Profesional de Música (CEPM) de la Región de Murcia y que decidieron participar voluntariamente en el estudio.

- 9 alumnos de grado elemental de trombón del CEPM de Murcia.
- 12 alumnos de grado elemental de trombón del CEPM de Cartagena.
- 9 alumnos de grado elemental de trombón del CEPM de Lorca.

El 36,67% cursaban primero de elemental, el 33,33% segundo de elemental, el 16,67% tercero de elemental y el 13,33% cuarto de elemental. Además, el 66,67% de los alumnos contaba con dos años o menos de experiencia tocando el trombón, y el 33,33% restante tenía más de dos años de experiencia. Los años de experiencia tocando el instrumento no siempre coinciden con los años cursados en el conservatorio.

Estos alumnos habían sido calificados por sus profesores durante el último trimestre con nota *baja* o *alta* en un 36,67% de los casos y con nota *media* en un 26,67%. De todos ellos, el 33,33% usa gafas y describen los siguientes problemas: miopía (40%), miopía y astigmatismo (20%), astigmatismo (20%) e hipermetropía (10%). Tan solo el 16,67% de los alumnos participaba en otras actividades musicales ajenas al conservatorio, y en todos los casos se trataba de tocar en alguna banda municipal o de pedanía no relacionada con el centro en el que estudiaban. A continuación se presenta la Tabla 1 con los descriptivos de la muestra:

Tabla 1.

*Descriptivos de la muestra*

		<b>Recuento</b>	<b>% del N de columna</b>
<b>Sexo</b>	Niño	20	66,67%
	Niña	10	33,33%
<b>Conservatorio de pertenencia</b>	Lorca	9	30,00%
	Cartagena	12	40,00%
	Murcia	9	30,00%
<b>Curso académico</b>	Primero	11	36,67%
	Segundo	10	33,33%
	Tercero	5	16,67%
	Cuarto	4	13,33%
<b>Años de experiencia</b>	Menos de un año	12	40,00%
	Entre 1 y 2 años	8	26,67%
	Entre 2 y 3 años	5	16,67%
	Entre 3 y 4 años	4	13,33%
	Más de 4 años	1	3,33%
<b>Calificación del profesor</b>	Baja	11	36,67%
	Media	8	26,67%
	Alta	11	36,67%
<b>¿Usa gafas?</b>	Sí	10	33,33%
	No	20	66,67%
<b>Problema Visual</b>	Miopía	4	40,00%
	Astigmatismo	2	20,00%
	Hipermetropía	1	10,00%
	Miopía y Astigmatismo	3	30,00%
	Otros	0	0,00%

### **3.4. Variables medidas e instrumentos aplicados**

#### **3.4.1. Variables medidas**

1. Memoria visoespacial:

Variable cuantitativa continua de razón. La memoria visoespacial permite retener durante un tiempo determinado información visual acerca de la ubicación de elementos en el espacio para poder evocarla después. Se puede cuantificar en función del número de ítems visuales cuyas características y ubicación el sujeto es capaz de recordar correctamente. Se evaluó con el Test de la Figura Compleja de Rey (Rey, 1980), siendo 0 la puntuación mínima y 32 la máxima.

2. Punto próximo de convergencia o PPC:

Variable cuantitativa continua de razón. Se trata de la distancia mínima a la que puede ubicarse un objeto con respecto a la nariz de la persona que lo observa sin que esta lo perciba como una imagen doble. Se mide en centímetros. El valor 0 significa que, si aproximamos un objeto a 0 cm de distancia con respecto a la nariz del sujeto evaluado, sus ojos aún convergen adecuadamente y continúa percibiendo una imagen no doble, indicando una correcta coordinación y funcionalidad oculomotora. Cuanto más distante sea el PPC peor será la convergencia ocular. Se evaluó mediante el procedimiento empleado tradicionalmente en optometría para tal efecto.

3. Control o rendimiento en afinación:

Variable cuantitativa continua de razón. Es una habilidad cognitiva relacionada con la memoria auditiva que permite al sujeto reconocer la altura de cada nota musical que produce con su instrumento y así ajustarla a unos valores referenciales. Se midió en el porcentaje de Hz que la nota producida por el intérprete se desviaba con respecto a una hipotética nota computarizada correctamente afinada. Un 0% de desviación indica una afinación perfecta mientras que un 100% implica el máximo de desafinación (el valor 100 supone el punto límite con la frecuencia de esa misma nota alterada medio tono, por lo que se la puede considerar como una nota diferente a la pretendida según los cánones de la música occidental). Se midió usando la función VariAudio del programa Cubase 5.

En las variables 2 y 3, la proximidad al valor 0 indica un buen nivel de desempeño, mientras que en la variable 1 el valor 0 indica ausencia de destreza. Deberá tenerse en cuenta para el análisis de datos.

Con la finalidad de observar si otras variables arrojaban algún tipo de información con respecto a las variables de principal interés, a través de un cuestionario ad hoc de elaboración propia se registraron también:

- Edad y curso académico
- Calificación obtenida durante el último trimestre en la asignatura de trombón
- Años de experiencia tocando el trombón
- Uso o no de gafas
- Alteraciones visuales diagnosticadas
- Asistencia a actividades musicales ajenas al conservatorio

Al evaluar memoria visoespacial con el Test de Rey se registró también:

- Tiempo empleado en la fase de copia
- Tiempo invertido en la fase de reproducción de memoria

Al evaluar PPC se registró también:

- Convergencia con filtro rojo en uno de los ojos

### **3.4.2. Instrumentos**

#### **1. Cuestionario ad hoc:**

El investigador aplicó verbalmente un cuestionario de elaboración propia para recoger información general del sujeto (ver Anexo VI).

#### **2. Test Figura compleja de Rey:**

El Test de la Figura Compleja de Rey (Rey, 1980) es una prueba estandarizada empleada en neuropsicología para la evaluación de las capacidades visoperceptivas, visomotoras y la memoria visual. Se aplica con lápiz en papel. La tarea consiste en primero copiar (con un modelo delante) y

después reproducir de memoria (retirando el modelo) el dibujo de una figura geométrica compleja (ver Anexo IX). El tiempo transcurrido entre la fase de copia y la de recuerdo es de 3 minutos. Se cronometra el tiempo invertido en cada fase de la tarea y se evalúa la correcta reproducción de los 18 elementos que componen la figura-modelo en una escala de 0 a 36 puntos de la siguiente forma:

- Elemento correctamente dibujado y bien situado. 2 puntos
- Elemento correctamente dibujado y mal situado. 1 punto
- Deformado o incompleto pero reconocible y bien situado. 1 punto
- Deformado o incompleto pero reconocible y mal situado. 0,5 puntos
- Irreconocible o ausente. 0 puntos

Materiales: figura-modelo, lápiz, dos folios en blanco y cronómetro.

### **3. Técnica estándar para medir el Punto Próximo de Convergencia o PPC:**

El PPC es un procedimiento utilizado en clínicas de optometría y de fácil aplicación (Antona-Peñalba, Barrio de Santos, González Díaz-Obregón & Sánchez-Pérez, 2009). Permite obtener información acerca de cómo cooperan ambos ojos produciendo una visión binocular. Mide en centímetros la distancia más próxima a la que los ojos son capaces de converger sin presentar alteraciones y proporcionando una visión estereoscópica, no doble. La puntuación máxima se registra cuando se conserva la convergencia a 0 cm en la nariz (codificado como *hasta la nariz* o HLN). El protocolo de evaluación del PPC fue debidamente diseñado por un optometrista con el que el investigador practicó antes de aplicar la prueba a la muestra (ver apartado 3.5. *Procedimiento*).

Materiales: linterna óptica, filtro rojo, lápiz y regla milimetrada.

### **4. Cubase 5 (Steinberg):**

Programa de edición de audio digital y MIDI para Microsoft Windows. Introduciendo en él una pista de audio y seleccionando la función VariAudio (opción Tono y Warp) nos ofrece información sobre el porcentaje de desviación de la frecuencia de onda de cualquier nota musical grabada con respecto a la frecuencia de esa hipotética onda correctamente afinada, siendo 0% la

máxima puntuación o afinación perfecta y 100% la mínima (ver Anexo V). Dicho porcentaje se registró en *valor absoluto*, sin tener en cuenta si la nota quedaba alta (+) o baja (-), ya que interesaba conocer cuántos puntos se desviaba del hipotético tono perfecto, pero no en qué sentido.

#### **5. Grabadora de audio ICD-UX522 SONY con micrófono estéreo:**

Dispositivo que permitió registrar el audio de la interpretación musical de cada sujeto para su posterior procesamiento en Cubase 5.

#### **6. Trombones:**

Cada uno de los sujetos participantes realizó la prueba de ejecución musical con su propio instrumento. Es decir, aquel trombón del que eran propietarios y con el que practicaban cotidianamente, por lo que las pruebas se realizaron con una amplia variedad de marcas, gamas y modelos distintos (Pbone, Yamaha, Schagerl, Jupiter...) sin que el investigador impusiera su preferencia por unas u otras.

#### **7. Obras o piezas musicales para trombón:**

Las obras sugeridas por los profesores para ser interpretadas por los sujetos de acuerdo a los criterios de complejidad propuestos por el investigador fueron “*Frère Jacques*”, “*London bridges*” y la canción popular “*Estrellita ¿dónde estás?*”.

#### **8. Afinador Korg CA-2:**

Afinador digital de instrumentos musicales.

### **3.5. Procedimiento**

Para la investigación se contó con el asesoramiento de 3 profesores de trombón, un ingeniero de sonido y un optometrista. Se contactó con los profesores de trombón y directores o jefes de estudios de los conservatorios profesionales de música de los tres municipios más poblados de la región de Murcia (Murcia, Cartagena y Lorca). Se les proporcionó información acerca de la investigación y concedieron permiso para llevarla a cabo. Para ello fue necesario que el

investigador presentara el *Certificado de Delitos de Naturaleza Sexual* y una acreditación de la Universidad. Posteriormente se facilitó un Consentimiento Informado (ver Anexo VI) que fue firmado por los padres de los alumnos interesados en participar como voluntarios. Finalizadas tales formalidades, se acordó con los profesores un calendario de realización de las sesiones de recogida de datos.

Las pruebas de evaluación se aplicaron a cada sujeto en sesiones individuales de entre 5 y 10 minutos en las aulas proporcionadas por los conservatorios. Cada sujeto tardó entre 8 y 15 minutos en completar todas las fases, que se describen a continuación:

1. Cuestionario: aplicado en formato de entrevista verbal. El investigador registra las respuestas del sujeto por escrito.
2. Test Figura Compleja de Rey:
  - Se coloca al sujeto sentado en una mesa frente a la figura modelo en la orientación indicada por el test. Se le entrega un folio blanco y un lápiz y se le da la siguiente instrucción: *“¿Ves este dibujo? Vas a tratar de copiarlo lo mejor que puedas sin olvidarte de nada”*. Se cronometra el tiempo de copia.
  - Cuando el sujeto informa de que ha terminado se retiran el modelo y su copia y se le da un descanso de 3 minutos (en este lapso se aprovechó para recoger los datos del cuestionario descrito en el punto 1).
  - Transcurridos los 3 minutos se le entrega un nuevo folio blanco y un lápiz y se le pide que reproduzca el dibujo de memoria. Se cronometra el tiempo de reproducción.
3. Protocolo de evaluación del Punto Próximo de Convergencia<sup>5</sup> (PPC):
  - Se pide al sujeto que fije la vista en la punta de un lápiz que situamos frente a él a distancia de Harmon (distancia desde el codo del sujeto hasta la primera falange de su dedo corazón).

---

<sup>5</sup> El investigador ensayó el protocolo PPC bajo la supervisión de un optometrista antes de su aplicación a los sujetos.



- Acercamos el lápiz en línea recta hacia la nariz del sujeto pidiéndole que no deje de mirar la punta. Nos detenemos a la distancia a la que el sujeto manifieste empezar a ver el lápiz doble, lo cual indicaría que los ojos no convergen adecuadamente a partir de ese punto de proximidad y lo marcamos como su PPC. El evaluador debe prestar atención al modo en que convergen los ojos del sujeto. Si apreciamos que uno o ambos ojos diverge (exoforia) consideraremos la distancia a la que sucede como el PPC, aunque el sujeto no informe ver doble.
- Medimos con una regla la separación entre la nariz y el PPC. Repetimos la medida 3 veces y establecemos una media entre mediciones.
- Antes de la prueba se aconseja realizar la misma operación con una linterna óptica de luz blanca y tapando un ojo del sujeto con un filtro rojo. El ojo tapado percibirá la luz de la linterna como roja mientras que el ojo sin filtro la percibirá blanca. La visión estereoscópica deberá producir la sensación de que la luz ubicada a distancia de Harmon es anaranjada, rosácea o amarillenta. De lo contrario, existiría un problema grave de convergencia y se recomienda excluir al sujeto de la investigación.

#### 4. Grabaciones de audio:

- Se afinó el trombón personal de cada sujeto a 440Hz.
- Se grabó una pista de audio de la obra para trombón interpretada por cada sujeto. La obra se interpretó de memoria, de forma que el sujeto no tuviera que leer partituras y liberando sus ojos para recibir feedback visual de su propia ejecución.
- La pista de audio resultante se introdujo en el programa Cubase5.

- Después, usando la herramienta de procesamiento de la afinación *VariAudio* de Cubase5, se observó y registró el porcentaje de desafinación de cada nota de trombón presente en la pista de audio y se calculó la media de desafinación de todas ellas<sup>6</sup>.

Los datos recogidos fueron procesados usando el programa estadístico informático IBM SPSS.

### **3.6. Diseño**

Se ha utilizado un enfoque cuantitativo no experimental. Se trata de un estudio descriptivo y correlacional, ya que pretende medir las variables y describir la relación existente entre ellas.

Las razones por las que se seleccionó un diseño correlacional fueron las siguientes:

- Escasez de datos: No se han encontrado estudios previos que involucren a estas variables, por lo que antes de recurrir al estudio experimental en busca de una relación causal, se considera oportuno conocer si existe relación entre ellas, de ahí que este diseño tenga carácter exploratorio.
- Complejidad de la relación entre variables: parecen existir múltiples posibilidades de interacción entre unas variables y otras, lo cual condiciona el establecimiento de una relación de causalidad entre ellas. Los cambios en la variable *control o rendimiento en afinación* se pueden explicar por cambios en variables diversas y no solo visuales ya que interaccionan también la percepción auditiva y psicomotriz.

---

<sup>6</sup> Antes de su aplicación a los sujetos el investigador puso a prueba la calidad del procedimiento de grabación y procesamiento de audio grabándose a sí mismo con ayuda de un ingeniero de sonido y contrastando la afinación dada por el programa con la de un afinador digital estándar.

### 3.7. Análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizó el paquete estadístico IBM SPSS Statistic versión 19. El nivel de significación escogido fue  $p < 0.05$ .

Para describir la muestra se emplearon los descriptivos recogidos en las tablas de porcentajes y frecuencias (ver tabla 1) para variables cualitativas y los descriptivos de media, mínimo y máximo para las cuantitativas. Se realizaron pruebas de análisis de varianza (ANOVA) de cada variable sociodemográfica sobre cada una de las variables de interés del estudio. De esta manera, se comprobó el grado de influencia de cada una, por separado, y se utilizaron aquellas variables sociodemográficas cuya influencia fue significativa como covariada. Se realizaron análisis de las correlaciones de Pearson entre cada una de las variables de interés recogidas y modelos de regresión lineal para analizar esas correlaciones.

Se empleó un diseño correlacional multivariado. Se realizó ANOVA de un factor para comprobar los efectos de las variables demográficas cualitativas sobre las variables de interés y modelo lineal univariante para las variables demográficas cuantitativas. El resultado es que, tan solo, la variable edad tiene un efecto sobre la variable de memoria visual  $F(1,28)=6.806$   $p=.014$ , por lo que se utilizaron modelos de regresión lineal y ANCOVA de un factor, con edad como covariada, para controlar, de una manera estadística, los efectos de la maduración sobre las correlaciones de Pearson de interés.

En la depuración de los datos, se calculó la distancia de Mahalanobis (De Maesschalck, Jouan-Rimbaud, & Massart, 2000) y distancia en Z para comprobar el nivel de dispersión de los datos y descartar outliers (valores extremos).

## 4. RESULTADOS

El análisis de distancias de Mahalanobis para la presencia de outliers detectó un sujeto outlier en la variable *Porcentaje de desviación sobre la nota pura y PPCf*. Las pruebas estadísticas realizadas con y sin ese outlier no mostraban diferencias significativas entre sí, por lo que se optó por incluir todos los sujetos en el análisis de los resultados. En el análisis de las correlaciones de Pearson no se observó correlación significativa entre ninguna de las variables de interés. Sin

embargo los análisis de las variables sociodemográficas indican que existen efectos de la variable *Edad* sobre la variable *Memoria Visual*  $F(1,29)=6.806$ ,  $p=.014$ , como se observa en la tabla 2:

Tabla 2

Efectos de la variable *Edad* sobre *Memoria Visual* (Puntuación en el Test Figura de Rey)

**Pruebas de efectos inter-sujetos**

Variable dependiente: Puntuación en el test de Figura de Rey

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	204,479 <sup>a</sup>	1	204,479	6,806	,014
Interceptación	,051	1	,051	,002	,967
Edad	204,479	1	204,479	6,806	,014
Error	841,263	28	30,045		
Total	9032,750	30			
Total corregido	1045,742	29			

a. R al cuadrado = ,196 (R al cuadrado ajustada = ,167)

La tabla 3 muestra que existen efectos de la variable *Edad* sobre la variable *Punto Próximo de Convergencia con filtro* (PPCf)  $F(1,29)= 5.280$ ;  $p=.029$ :

Tabla 3

Efectos de la variable *Edad* sobre *Punto Próximo de Convergencia con filtro*

**Pruebas de efectos inter-sujetos**

Variable dependiente: Punto Próximo de Convergencia con filtro (centímetros)

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	111,015 <sup>a</sup>	1	111,015	5,280	,029
Interceptación	36,768	1	36,768	1,749	,197
Edad	111,015	1	111,015	5,280	,029
Error	588,685	28	21,024		
Total	1480,000	30			
Total corregido	699,700	29			

a. R al cuadrado = ,159 (R al cuadrado ajustada = ,129)

También existe un efecto marginal de la variable *Edad* sobre el *Punto Próximo de Convergencia sin filtro (PPCs<sub>f</sub>)*  $F(1,29)=3,217$ ,  $p=.0824$  a través de una correlación positiva marginal  $r=0.321$  como se aprecia en la tabla 4:

Tabla 4

Efectos de la variable *Edad* sobre *Punto Próximo de Convergencia sin filtro*

**Pruebas de efectos inter-sujetos**

Variable dependiente: *Punto Próximo de Convergencia sin filtro* (centímetros)

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	15,908 <sup>a</sup>	1	15,908	3,217	,084
Interceptación	2,552	1	2,552	,516	,479
Edad	15,908	1	15,908	3,217	,084
Error	138,467	28	4,945		
Total	381,250	30			
Total corregido	154,375	29			

a.  $R^2$  al cuadrado = ,103 ( $R^2$  al cuadrado ajustada = ,071)

La tabla 5 (ver Anexo VIII) indica que existen correlaciones significativas entre *PPC<sub>f</sub>* y *PPCs<sub>f</sub>*,  $r_{12}=0.571$ ;  $p=.001$ , de *Edad* con *PPC<sub>f</sub>*,  $r_{ep}=0.398$ ;  $p=.029$  y *Edad* con *Memoria visual*,  $r_{ef}=0.442$ ;  $p=.014$ .

## 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 5.1 Discusión

El objetivo principal de este trabajo es determinar si existe correlación entre la memoria visoespacial, la convergencia ocular y el control de la afinación en trombonistas. Cabe recordar que la investigación realizada tiene carácter exploratorio ya que no se han encontrado estudios previos que involucren estas variables para estudiantes de este instrumento musical en concreto.

En este estudio no se ha encontrado correlación significativa entre las variables memoria visoespacial, convergencia ocular y control de afinación. No obstante, distintos trabajos sugieren la

necesidad de diseñar herramientas didácticas que permitan una correcta digitación de la vara para controlar la afinación (Keefer y Galetti, 1925; Purdue, 2000; Suárez, 2000) y numerosos estudios apuntan la importancia del feedback visual como recurso para lograr el dominio del instrumento (Albert-Gargallo, 2017a, 2017b; Banton, 1995; Wilson, Lee, Callaghan & Thorpe, 2008). En cuanto a las afirmaciones acerca de la importancia de una buena integración sensorial de todos los sentidos con el input visual en cualquier aprendizaje y en concreto en los relacionados con la manipulación de herramientas (Ayres y Robbins, 2005; Da Fonseca, 2000; Price y Henao, 2011), no parecen demostrarse con esta investigación, si bien es cierto que existe una amplia variedad de destrezas visuales que las características de este estudio no permiten abarcar.

La afinación podría estar más relacionada con variables psicomotrices y propioceptivas implicadas en el control postural de la vara y que no requieren de control visual, así como cambios en el tracto vocal similares a los que se realizan en el canto (Albert-Gargallo, 2017a; Tomatis, 2019). También las variables de tipo auditivo relacionadas con el oído interno y la audición interior podrían tener mucho más peso sobre la afinación que las demás (Albert-Gargallo, 2017a; Gordon, 2007; Shifres y Burcet, 2013; Willems y Medina, 2001), de forma que, aunque las destrezas visuales fueran de utilidad para ubicar correctamente la vara, no servirían de nada si el sujeto no almacena en su memoria una buena imagen mental del sonido que desea reproducir, de forma que el resultado sonoro obtenido carecería de un buen modelo de referencia en imaginación.

No se han encontrado efectos de las variables edad ni experiencia sobre el control de afinación, lo cual no concuerda con los estudios que afirman que entre los 7 y 14 años —franja de edad en la que se encuentran los sujetos de esta investigación— se produce una mejoría de la discriminación tonal (Bentley, 1967; Lafarga & Sanz, 1998). Puede deberse a las limitaciones con las que se encontró esta investigación (ver 5.3).

La correlación significativa encontrada entre las variables PPC con filtro y PPC sin filtro indicaría que las pruebas de evaluación optométrica de convergencia ocular fueron aplicadas por el investigador de forma consistente. En cuanto al efecto de la edad sobre la memoria visual, coincide con los baremos por percentiles del test de la figura compleja (Rey, 1980).

## **5.2. Conclusiones**

La variable *Control de Afinación* no correlaciona con las variables *Memoria Visual* y *Convergencia Ocular*. Tampoco correlaciona con ninguna de las variables sociodemográficas registradas. Se aprecian efectos de maduración sobre la variable de *Memoria Visual* pero no sobre el resto de variables, salvo una leve tendencia en la variable *Convergencia Ocular* (PPCsf). Ninguna de las otras variables categóricas sociodemográficas recogidas arroja resultados significativos con respecto a las variables de interés y existen tendencias a correlacionar que no se reflejan como significativas. En algunos casos se quedan a nivel marginal.

## **5.3. Limitaciones**

Una de las limitaciones de este trabajo ha sido el reducido tamaño de la muestra. Se observan algunas tendencias que apuntan hacia correlaciones entre variables que posiblemente surgirían con una muestra mayor. Además, debido a que la población de estudiantes de trombón de grado elemental de la Región de Murcia no es muy numerosa, el investigador necesitó aceptar un intervalo de edad y curso académico excesivamente amplio, con sujetos de entre 8 y 14 años que cursaban entre 1º y 4º de elemental.

Otra limitación encontrada es la amplia variedad de trombones de distinta marca, gama y calidad, fabricados con materiales diferentes —desde distintas aleaciones de metales hasta plástico— que emplearon los alumnos, lo cual influye notablemente en la afinación de las notas emitidas. También es conveniente tener en cuenta la influencia de la metodología empleada por el profesor de cada sujeto evaluado, ya que la muestra se escogió de entre el alumnado de 4 docentes distintos, y es posible que no todos trabajen del mismo modo la afinación, la digitación de vara o el feedback visual en sus clases.

Habría resultado interesante grabar en vídeo a cada sujeto interpretando la obra para registrar cuánto tiempo invierte mirando directamente el movimiento de su mano y de la vara. De este modo tendríamos información más fiable acerca del uso real que hace el sujeto del feedback visual, y se podría comparar la afinación de las notas emitidas mirando la vara con la de las emitidas sin mirar. Pero realizar grabaciones de vídeo de menores entrañaba una serie de

problemas legales y hacía el tratamiento de los datos demasiado complejo para el tiempo y material disponible.

Otra limitación fue la propia naturaleza de las grabaciones de audio. Se informó con antelación de que los alumnos interpretarían una misma pieza musical de memoria, pero surgieron algunas dificultades para concretar un criterio unificador entre conservatorios ya que los alumnos procedían de cursos y edades diferentes, así que la prueba de interpretación se realizó con 3 piezas musicales distintas, que en algunos casos el alumno ni siquiera controlaba totalmente de memoria, presentando errores y atascos en la interpretación fluida.

A esto hay que añadir la presencia del investigador. El investigador trató de generar confianza y tranquilidad en los niños, pero no dejaba de tratarse de un desconocido que los estaba grabando, por lo que la deseabilidad social y la extrañeza de la situación podrían haber afectado a su ejecución.

Por otra parte, la herramienta VariAudio del programa Cubase 5 aporta información de la desviación de la nota emitida por el alumno respecto a una hipotética nota referencial cuya frecuencia es generada digitalmente de acuerdo a criterios matemáticos. Por tanto, la nota de referencia sería una nota de afinación perfecta que en la práctica real rara vez existe, y la ausencia de una afinación perfecta —oído absoluto— no implica ausencia de musicalidad en el alumno ya que puede existir una consistencia entre los intervalos tonales producidos —oído relativo— que igualmente sea indicadora de buena afinación.

#### **5.4. *Prospectiva***

Para futuras investigaciones se propone utilizar una muestra mucho más grande y homogénea en cuanto a edad y curso académico. También sería conveniente realizar un registro del tiempo que invierte el sujeto en mirar directamente el movimiento de su mano y de la vara del trombón, grabando la interpretación de la pieza musical en vídeo. Esto permitiría conocer el uso real que hace cada alumno del feedback visual además de permitir contrastar si la afinación de las notas emitidas sin mirar el movimiento de la vara es significativamente diferente a la de aquellas notas emitidas a la vez que miran.



En cuanto al procesamiento de la afinación, en próximas investigaciones resultaría conveniente utilizar una herramienta que permita medir la afinación relativa de las notas emitidas en lugar de una afinación absoluta. Es decir, medir si los intervalos tonales entre notas musicales son consistentes pese a encontrarse desviados de una afinación perfecta, ya que sería igualmente indicativo de que el sujeto posee un correcto control de la afinación y del manejo de la vara.

Si se demostrase la implicación de la memoria visual y la convergencia ocular en la correcta manipulación de la vara, podríamos introducir ejercicios de funcionalidad visual integrada con funcionalidad auditiva y psicomotricidad en la enseñanza de la música a edades tempranas —jardín de infancia musical, clases de sensibilización musical, talleres de música y movimiento—, desarrollando destrezas visuales en el alumno que le prepararían para su futura formación instrumental. Incluso podría recomendarse el trombón como un instrumento terapéutico para trabajar de forma artística y divertida la memoria visual y la convergencia ocular en alumnos con pobre funcionalidad visual, del mismo modo que se recomiendan ciertos deportes que reportan mejoras para el desarrollo físico.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, M. (2003). La percepción sinestésica. Vínculos entre lo auditivo y lo visual. *Música y Educación*, 56, 109-121.
- Albert-Gargallo, J. (2017a). El feedback visual durante el proceso de adquisición de las habilidades motrices en los instrumentos de viento: diseño, aplicación y evaluación de secuencias didácticas. *IV Congreso Nacional de Conservatorios Superiores de Música y II Internacional*. SEM-EE, Albacete.
- Albert-Gargallo, J. (2017b). *Dificultades de aprendizaje de la práctica motriz experta en la trompeta* (Tesis doctoral). Universitat Politècnica de València, Valencia.
- Álvarez, G. B. (2016). Del ojo a la mano y de la mano al pensamiento. *Imagen Óptica*, 1-5.
- Andrade, P. E. (2004). Uma abordagem evolucionária e neurocientífica da música. *Neurociências*, 1(1), 21-33.
- Antona-Peñalba, B., Barrio de Santos, A. R., González Díaz-Obregón, E., & Sánchez-Pérez, M. I. (2009). *Procedimientos clínicos para la evaluación de la visión binocular*. La Coruña: Netbiblo.
- Ayres, A. J., & Robbins, J. (2005). *Sensory integration and the child: Understanding hidden sensory challenges*. Western Psychological Services [versión Google Books].
- Ball, P. (2012). *El instinto musical: escuchar, pensar y vivir la música*. Turner [versión Google Books].
- Banton, L. J. (1995). The role of visual and auditory feedback during the sight-reading of music. *Psychology of music*, 23(1), 3-16.
- Baylis, G. C., Rolls, E. T., & Leonard, C. M. (1987). Functional subdivisions of the temporal lobe neocortex. *Journal of Neuroscience*, 7(2), 330-342.
- Bellefeuille, I. B. (2006). Un trastorno en el procesamiento sensorial es frecuentemente la causa de problemas de aprendizaje, conducta y coordinación motriz en niños. *Bol Pediatr*, 46, 200-203.

- Bentley, A. (1967). *La aptitud musical de los niños y cómo determinarla*. Víctor Leru [versión Google Books].
- Blacking, J. (1974). *How musical is man?* University of Washington Press [versión Google Books].
- Da Fonseca, V. (2000). *Estudio y génesis de la psicomotricidad*. Inde [versión Google Books].
- De Maesschalck, R., Jouan-Rimbaud, D., & Massart, D. L. (2000). The mahalanobis distance. *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, 50(1), 1-18.
- Decreto nº 75/2008, de 2 de mayo, por el que se establece la ordenación y el currículo de las enseñanzas profesionales de música para la Región de Murcia.
- Deutsch, D. (2013). *Psychology of music*. Elsevier [versión Google Books].
- Diagram Group. (2004). *Cómo conocer los instrumentos de Orquesta*. 9ª edición. Chile: Editorial Edaf.
- Echeverría-Palacio, C. M., Uscátegui-Daccarett, A., & Talero-Gutiérrez, C. (2018). Integración auditiva, visual y propioceptiva como sustrato del desarrollo del lenguaje. *Revista de la Facultad de Medicina*, 66(3), 469-475.
- Findlay, E. (1995). *Rhythm and movement: Applications of Dalcroze eurhythmics*. Alfred Music [versión Google Books]
- González, R., & Hornauer-Hughes, A. (2014). Cerebro y lenguaje. *Revista Hospital Clínico Universidad de Chile*, 25, 143-153.
- Gordon, E. (2007). *Learning sequences in music: A contemporary music learning theory*. Gia Publications [versión Google Books].
- Gray, H. (2009). *Gray's anatomy: with original illustrations by Henry Carter*. Arcturus Publishing [versión Google Books].
- Gual, J., & Latorre, A. (2016). La mejora de la memoria tonal en estudiantes de Educación Secundaria. *Psicología y educación: Presente y futuro*, 475-483.
- Gustems, J. (2012). *Música y sonido en los audiovisuales* (Vol. 10). Edicions Universitat Barcelona [versión Google Books].

- Hargreaves, D. J. (1986). *The developmental psychology of music*. Cambridge University Press [versión Google Books].
- Hernández-Santos, L. R., Hernández-Ruiz, L. V., Pons-Castro, L., Méndez-Sánchez, T. D. J., Dorrego-Oduardo, M., & Infantes-Arceo, L. (2013). Consideraciones actuales en la insuficiencia de convergencia. *Revista Cubana de Oftalmología*, 26, 642-652.
- Howard-Jones, P. (2010) *Introducing Neuroeducational Research: Neuroscience, Education and the Brain from Contexts to Practice*. London; Nueva York: Routledge.
- Ibáñez-Barrachina, J. (2009). *Métodos exactos y heurísticos de afinación. Aplicación a la trompeta* (Tesis doctoral). Universitat Politècnica de València, Valencia.
- Keefer, J. B. C., & Galetti, E. W. (1925). *U.S. Patent No. 1,555,986*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Lafarga, M., & Sanz, P. (1998). Habilidad musical y habilidades tonales [Monografía]. *Quodlibet: revista de especialización musical*, 10, 102-114.
- López, E. M. (2006). *Aptitudes musicales y atención en niños entre diez y doce años* (Tesis doctoral). Universidad de Extremadura, Extremadura.
- Loui, P., Alsop, D., & Schlaug, G. (2009). Tone deafness: a new disconnection syndrome? *Journal of Neuroscience*, 29(33), 10215-10220.
- Miller, B. L., Boone, K., Cummings, J. L., Read, S. L., & Mishkin, F. (2000). Functional correlates of musical and visual ability in frontotemporal dementia. *The British Journal of Psychiatry*, 176(5), 458-463.
- Molina, M., Piedad, N., & Forero-Mora, C. (2010). Insuficiencia de convergencia. *Ciencia y tecnología para la salud visual y ocular*, 8(2), 91-102.
- Moreno, J. L. (2003). Psicología de la música y emoción musical. *Educatio siglo XXI*, 213-226.
- Navascués-Irigoyen, M. (2015). *Relación entre las habilidades auditivas y visoespaciales y el rendimiento académico en inglés y matemáticas en un grupo de alumnos de secundaria. Un enfoque desde las Inteligencias Múltiples* (Tesis de máster). Universidad Internacional de La Rioja.

- Ordóñez-Escobar, F. (2016). *Guía metodológica para el aprendizaje del trombón de varas dirigida al sistema integrado filarmónico infanto-juvenil SINFIN de la UTPL. Primer año, nivel inicial.*
- Pahlen, K. (1961). *La música en la educación moderna.* Buenos Aires: Ricordi.
- Palacios, E., & Clavijo-Pardo, C. (2016). Fascículo longitudinal inferior: una nueva mirada del lenguaje. *Revista Repertorio de Medicina y Cirugía*, 25(4), 232-234.
- Pinilla, E. J. C. (2012). Desarrollo de la percepción auditiva musical y la asimilación psicológica de las cualidades del sonido. Una breve revisión teórica. *Arte y Movimiento*, 6.
- Portellano, J. A. (2005). *Introducción a la neuropsicología.* España: McGraw-Hill
- Price, M. S. M., & Henao, J. (2011). Influencia de la percepción visual en el aprendizaje. *Ciencia y Tecnología para la salud visual y ocular*, 9(1), 93-101.
- Purdue, K. R. (2000). *U.S. Patent No. 6,162,975.* Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Rey, A. (1980). *Test de la Figura Compleja de Rey.* TEA ediciones, Madrid.
- Rosselli, M. (2015). Desarrollo neuropsicológico de las habilidades visoespaciales y visoconstruccionales. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 15(1), 175-200.
- Ruiz, E. B. (2017). Fundamentos teóricos del oído musical melódico y armónico. *Cuadernos de Investigación Musical*, 3, 96-120.
- Shifres, F., & Burcet, I. (2013). *Escuchar y pensar la Música. Bases teóricas y metodológicas.* Buenos Aires: Edulp.
- Silva, J. A. D., Galdino, M. K. C., Gadelha, M. J. N., Andrade, M. J. O. D., & Santos, N. A. D. (2013). Revisão sobre o processamento neuropsicológico dos atributos tonais da música no contexto ocidental. *Avances en psicología latinoamericana*, 31(1), 86-96.
- Sloboda, J. A. (2015). *La mente musical: La psicología cognitiva de la música* (Vol. 1). Antonio Machado Libros [versión Google Books].

- Soria-Urios, G., Duque, P., & García-Moreno, J. M. (2011). Música y cerebro (II): evidencias cerebrales del entrenamiento musical. *Neurología*, 53(12), 739-746.
- Suárez, T. P. (2000). La afinación correcta de los sonidos en el violín. *Revista Electrónica de LEEME*, (5).
- Tomatis, A. (2019). *El oído y la voz*. Paidotribo [versión Google Books].
- Valverde-Gonzales, R. A. (2017). *Proyecto de innovación para el desarrollo de la coordinación viso-manual en niños de 4 años a partir de técnicas gráfico-plásticas* (Tesis de licenciatura). Universidad Católica del Perú.
- Verdú, F. M. M., & Moreno, Á. M. P. (2004). *Fundamentos de visión binocular* (Vol. 74). Universitat de València [Google Books].
- Willems, E., & Medina, M. C. (2001). *El oído musical: la preparación auditiva del niño*. Barcelona: Paidós.
- Wilson, P. H., Lee, K., Callaghan, J., & Thorpe, C. W. (2008). Learning to sing in tune: Does real-time visual feedback help? *Journal of interdisciplinary music studies*, 2.
- Wulf, G. (2007). *Attention and motor skill learning*. *Human Kinetics*. University of Nevada, Las Vegas, EE.UU.
- Zatorre, R. J., Belin, P., & Penhune, V. B. (2002). Structure and function of auditory cortex: music and speech. *Trends in cognitive sciences*, 6(1), 37-46.

## 7. ANEXOS

### ANEXO I



*Figura 1.* Fotografía lateral de una intérprete de trombón. La intérprete ejecuta una nota a una longitud de vara próxima a los ojos.



*Figura 2.* Fotografía lateral de una intérprete de trombón mientras ejecuta una nota a una longitud de vara distante a los ojos.

## ANEXO II



*Figura 3.* Fotografía frontal de una intérprete de trombón. Se aprecia la convergencia ocular realizada por la intérprete al mirar la vara del instrumento durante la ejecución.



### ANEXO III



*Figura 4.* Fotografía de la digitación de la vara de un trombón. Se aprecia la perspectiva visual que tiene de su propia ejecución el intérprete.

#### ANEXO IV



*Figura 5.* Fotografía de la digitación en el mástil de una viola. Fotografía de la digitación en el mástil de una viola (cuerda frotada) desde la perspectiva visual de la intérprete.

## ANEXO V

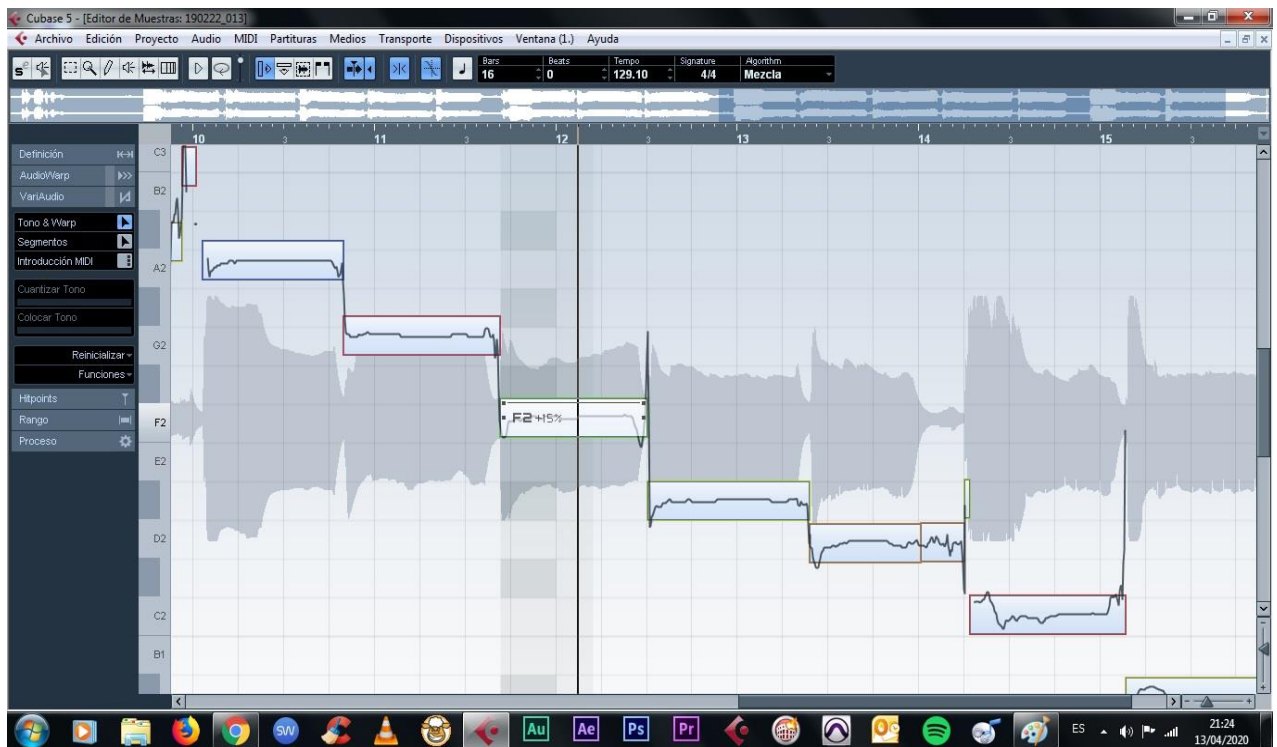


Figura 6. Captura de pantalla de Cubase 5. Se aprecian los espectros de onda de las distintas notas de una melodía grabada. En el centro aparece una nota Fa (codificada F2) desviada un +15%.

## ANEXO VI

### CONSENTIMIENTO INFORMADO – INFORMACIÓN AL PARTICIPANTE

Antes de proceder a la firma de este consentimiento informado, lea atentamente la información que a continuación se le facilita y realice las preguntas que considere oportunas.

Contacto:  
Mario Cánovas  
692019876

[canovaspardomario@gmail.com](mailto:canovaspardomario@gmail.com)

UNIR (Universidad Internacional de La Rioja)

Investigación para Trabajo de Fin de Máster

### **“Relación entre destrezas visuales y control de la afinación en estudiantes de trombón”**

Le proponemos colaborar con nuestra investigación dentro el campo de la *Neuropsicología de la Educación* permitiendo que su hijo/a participe en un estudio acerca de la influencia que tienen algunas habilidades visoespaciales sobre la práctica del trombón de varas.

Con ello se pretende recopilar información acerca de las variables que intervienen en el aprendizaje de ciertas destrezas y así aportar nuevo conocimiento científico que pueda contribuir a la mejora de la enseñanza.

Los participantes realizarán un test de memoria visoespacial y se evaluará su convergencia ocular. También se les pedirá que interpreten un breve fragmento musical que será registrado con una grabadora de audio para un posterior análisis de sus cualidades sonoras. Las actividades se realizarán durante su clase de instrumento y nunca le supondrán más de diez minutos.

#### Riesgos de la investigación para el participante:

No existen riesgos ni contraindicaciones conocidas asociados a la evaluación y por lo tanto no se anticipa la posibilidad de que aparezca ningún efecto negativo para el participante.

#### Derecho explícito de la persona a retirarse del estudio.

- La participación es totalmente voluntaria.
- El participante puede retirarse del estudio cuando así lo manifieste, sin dar explicaciones y sin que esto repercuta en usted de ninguna forma.

#### Garantías de confidencialidad

- Todos los datos de carácter personal obtenidos en este estudio son confidenciales y se tratarán conforme a la Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal 15/99.
- La información obtenida se utilizará exclusivamente para los fines específicos de este estudio.

Si requiere información adicional se puede poner en contacto con D. **Mario Cánovas Pardo**, con DNI **48515486E**, en el teléfono **692019876** o en el correo electrónico **canovaspardomario@gmail.com**

**CONSENTIMIENTO INFORMADO – CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DEL PARTICIPANTE**

Investigación para Trabajo de Fin de Máster

**“Relación entre destrezas visuales y control de la afinación en estudiantes de trombón”**

Yo (Nombre y Apellidos): .....con DNI.....

- He leído el documento informativo que acompaña a este consentimiento (Información al Participante)
- He podido hacer preguntas sobre el estudio
- He recibido suficiente información sobre el estudio
- He hablado con el profesional informador: .....
- Comprendo que mi participación es voluntaria y soy libre de participar o no en el estudio.
- Se me ha informado que todos los datos obtenidos en este estudio serán confidenciales y se tratarán conforme establece la Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal 15/99.
- Se me ha informado de que la información obtenida sólo se utilizará para los fines específicos del estudio.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- Cuando quiera
- Sin tener que dar explicaciones
- Sin que esto repercuta en usted de ninguna forma

Presto libremente mi conformidad para que mi hijo/a (nombre y apellidos) ..... participe en el *proyecto titulado **Relación entre destrezas visuales y control de la afinación en estudiantes de trombón.***

Firma del participante (o representante legal)

Firma del profesional informador

Nombre y apellidos:.....

Nombre y apellidos: .....

Fecha: .....

Fecha: .....

## ANEXO VII

### CUESTIONARIO Y HOJA DE REGISTRO

**Sujeto n°:** \_\_\_\_\_ **Sexo:** \_\_\_\_\_

**Edad:** \_\_\_\_\_ **Curso académico:** \_\_\_\_\_

**Calificación obtenida en la asignatura de trombón:** \_\_\_\_\_

**Años de experiencia tocando el trombón:** \_\_\_\_\_

**Asiste a actividades musicales ajenas al conservatorio:** \_\_\_\_\_

**Gafas:** \_\_\_\_\_

**Alteraciones visuales diagnosticadas:** \_\_\_\_\_

**Test Figura Compleja de Rey:**

- **Tiempo empleado en la fase de copia:** \_\_\_\_\_
- **Tiempo invertido en la fase de reproducción de memoria:**  
\_\_\_\_\_
- **Puntuación total:** \_\_\_\_\_

**Punto Próximo de Convergencia (PPC):**

- 1. PPC con filtro rojo:** \_\_\_\_\_
- 2. PPC sin filtro:** \_\_\_\_\_

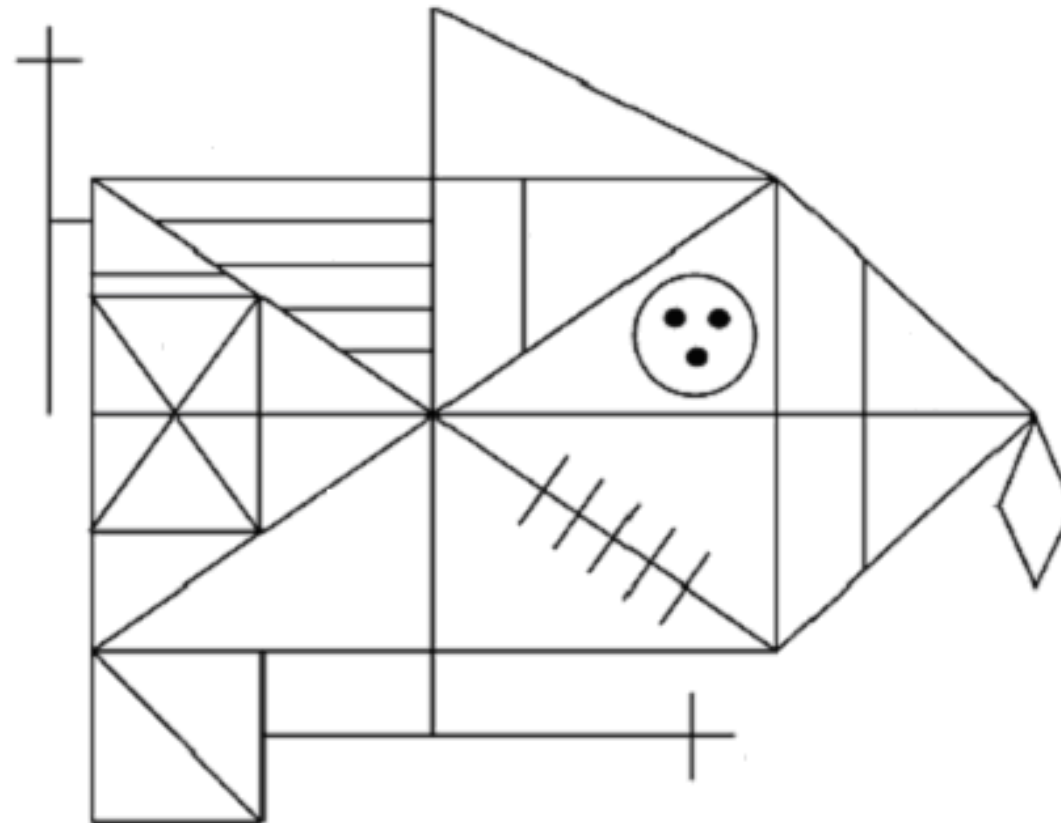
Tabla 5  
Correlaciones

		Porcentaje de desviación con respecto a la nota pura	Punto Próximo de Convergencia sin filtro (centímetros)	Edad	Puntuación en el test de Figura de Rey	Tiempo de copia Figura de Rey (minutos)	Tiempo de memoria Figura de Rey (minutos)	Punto Próximo de Convergencia con filtro (centímetros)
Porcentaje de desviación con respecto a la nota pura	Correlación de Pearson	1	-,056	-,235	-,022	-,042	,146	,180
	Sig. (bilateral)		,771	,211	,910	,825	,440	,341
	N	30	30	30	30	30	30	30
Punto Próximo de Convergencia sin filtro (centímetros)	Correlación de Pearson	-,056	1	,321	,036	,189	,175	,571**
	Sig. (bilateral)	,771		,084	,849	,316	,354	,001
	N	30	30	30	30	30	30	30
Edad	Correlación de Pearson	-,235	,321	1	,442*	-,068	,253	,398*
	Sig. (bilateral)	,211	,084		,014	,719	,177	,029
	N	30	30	30	30	30	30	30
Puntuación en el test de Figura de Rey	Correlación de Pearson	-,022	,036	,442*	1	,015	,260	,203
	Sig. (bilateral)	,910	,849	,014		,936	,165	,282
	N	30	30	30	30	30	30	30
Tiempo de copia Figura de Rey (minutos)	Correlación de Pearson	-,042	,189	-,068	,015	1	,623**	-,052
	Sig. (bilateral)	,825	,316	,719	,936		,000	,785
	N	30	30	30	30	30	30	30
Tiempo de memoria Figura de Rey (minutos)	Correlación de Pearson	,146	,175	,253	,260	,623**	1	-,004
	Sig. (bilateral)	,440	,354	,177	,165	,000		,981
	N	30	30	30	30	30	30	30
Punto Próximo de Convergencia con filtro (centímetros)	Correlación de Pearson	,180	,571**	,398*	,203	-,052	-,004	1
	Sig. (bilateral)	,341	,001	,029	,282	,785	,981	
	N	30	30	30	30	30	30	30

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

\* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

## ANEXO IX



*Figura 7.* Figura modelo empleada en el Test Figura Compleja de Rey



