

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN PROGRAMA INFORMÁTICO PARA LA EDUCACIÓN MUSICAL DE MAESTROS NO ESPECIALISTAS. EL CASO DE EMOLAB

Jesús Tejada, Manuel Pérez-Gil

Universitat de València
jesus.tejada@uv.es manuel.perez-gil@uv.es

Este trabajo expone el diseño, desarrollo y evaluación de un software como apoyo docente en una materia de formación musical básica para futuros maestros generalistas. La evaluación del programa fue realizada por estudiantes de primer año del Grado de Maestro en Educación Primaria. Cumplimentaron un cuestionario que recogió sus opiniones (versatilidad, eficacia, facilidad de uso, calidad del entorno gráfico, adecuación, interés, facilitación del aprendizaje, feedback, funcionalidad) y percepciones sobre aspectos más generales (control, orientación, afectividad, consulta, verificación, seguimiento). Los resultados sugieren que el alumnado percibe EMOLab como herramienta de gran ayuda en el desarrollo de sus habilidades musicales.

Palabras clave: Tecnología musical, enseñanza asistida por ordenador, formación de maestros no especialistas.

This article shows the design, development and evaluation of a software for teaching support in a music training course for pre-service non music teachers. The aim of EMOLab has been addressing to both production and perception musical activities. The assessment of software was done by freshmen enrolled in Elementary Education Teacher Training degree. They completed a questionnaire that collected their opinions (versatility, efficiency, ease of use, quality of graphical environment, adequacy, interest, facilitating learning, feedback, functionality) and perceptions on more general aspects (control, guidance, affection, consultation, verification, tracing). The data suggest that students perceive EMOLab as a helpful tool in developing their musical skills.

Keywords: Music technology, computer assisted instruction, non-music teacher training.

INTRODUCCIÓN

En los planes de estudio de las dos últimas reformas, los alumnos universitarios de nuevo ingreso elegían su itinerario de especialidad y cursaban materias específicas desde el primer curso de los estudios. Sin embargo y desde la sustitución de los títulos de diplomatura por los títulos de grado, los dos primeros cursos de la carrera de Maestro son comunes a todos los estudiantes, sea cual sea el itinerario formativo elegido. Estos dos primeros cursos de grado incluyen materias generales de formación disciplinar básica. En tercero y cuarto cursos, se incluyen las materias específicas de didáctica de las especialidades, por ejemplo, las propias de las menciones de Lengua Extranjera, Educación Física y Educación Musical.

La materia Didáctica de la Expresión Musical es una materia troncal de primer curso del grado de Maestro de Ed. Primaria, destinada a la formación básica musical y didáctica de todos los futuros maestros. Un pequeño porcentaje de los alumnos que cursan esta materia deciden estudiar la especialización de Educación Musical en tercer y cuarto cursos (Mención en Educación Musical), bien porque tienen suficientes experiencias musicales previas, bien porque tienen una titulación musical. En el primer caso, deben realizar una prueba de nivel y en el segundo caso cursan directamente la mención. El resto de alumnos harán otras especialidades.

De este hecho, surge la heterogeneidad en la composición de los grupos de clase de primer curso de carrera en lo que respecta a conductas musicales. Este problema genera el proyecto aquí presentado. Así, los grupos de clase están compuestos por estudiantes con bajas o nulas competencias musicales y también por estudiantes que están realizando fuera de la universidad estudios musicales especializados. Esta situación genera problemas al profesor porque debe

determinar unos contenidos y un diseño didáctico de los mismos que no provoque aburrimiento y desmotivación en los alumnos con estudios o experiencias previas y que no constituyan una barrera infranqueable para el alumnado con bajos conocimientos o experiencias musicales. Constituye por tanto un reto para el profesorado que la imparte, dado que debe atender a diferentes niveles de experiencia musical previa de los alumnos: debe ser capaz de establecer un ritmo de aprendizaje adaptado a cada tipo de estudiante. Es decir, debe diseñar y realizar acciones docentes multi-nivel.

Las situaciones de heterogeneidad pueden atraer el interés de los profesores innovadores. La tecnología es uno de los recursos que puede utilizarse para abordar el problema mencionado, pues constituye una herramienta que facilita la configuración de itinerarios de enseñanza a medida de las competencias de los estudiantes. Dicho de otra forma, permite personalizar los ritmos de adiestramiento y/o de aprendizaje. Algunas de las ventajas de la tecnología son: a) la provisión inmediata de espacios de práctica, lo que solicita del estudiante ciertas respuestas motrices (ritmo, entonación) que en determinados contextos son complejas de abordar; b) la provisión de información musical mediante la interacción de representaciones en diferentes modalidades perceptivas (multimodalidad); y c) el establecimiento de niveles de dificultad para una determinada habilidad, lo que permite el abordaje de las diferencias de nivel. En las secciones siguientes, se presentarán investigaciones sobre enseñanza musical asistida por ordenador, los principios que han guiado la construcción del programa objeto de este artículo, el diseño de un estudio piloto para la evaluación del programa por alumnos universitarios y el análisis de los datos obtenidos.

ENSEÑANZA ASISTIDA POR ORDENADOR. PRIMEROS ESTUDIOS

En las primeras etapas de la enseñanza asistida por ordenador (*Computer Assisted Instruction*, CAI de aquí en adelante), se realizaron un buen número de investigaciones en las áreas de lecto-escritura musical y teoría de la música. Uno de los objetivos de investigación de estos estudios fue la verificación de la efectividad de metodologías tradicionales (contar impactos; asociación imagen-sonido) frente al uso de CAI. Los resultados de los estudios no fueron concluyentes. Algunos de ellos mostraron diferencias significativas en Ed. Infantil (Bailey, 1990), en Ed. Primaria (WILLET & NETUSIL, 1989), en Ed. Secundaria (HOLLAND, 1986; KING, 1989), en universidad (JACOBSEN, 1987, citado en AJERO, 2007) y en Ed. Especial (ISLER-HAMILTON, 1990). Sin embargo, otros no hallaron evidencias de mejora o de efectividad en Ed. Primaria (ISAAK, 1989) o en universidad (HAGEN, 2001).

Otro interesante tema de estudio fue la permanencia de los aprendizajes musicales, también en el área de teoría y lecto-escritura musicales. FLETCHER & ATKINSON (1972) propusieron ejercicios de lectura a niños de primer grado y observaron que, cuando los estudiantes trabajaron con programas CAI de 8 a 10 minutos por día durante cinco meses, consiguieron 5,05 meses de adelanto sobre el grupo que no usa programas CAI. Un año más tarde, sin tratamiento CAI en el año anterior, los estudiantes que previamente habían trabajado con programas CAI obtuvieron 4,9 meses de adelanto sobre los otros estudiantes.

En general, la revisión de la literatura pionera en CAI sugiere que la tecnología musical mejora y reduce los tiempos del aprendizaje musical (ADAMS, 1990; FRY, 1993; HIGGINS, 1991; MALAVE, 1991). Algunos de estos estudios sugieren que el uso de información visual estática y dinámica asociada a los sonidos musicales es una variable potencial de influencia en tales mejoras, particularmente en lo que respecta al estudio de la digitación para instrumentos concretos. Esta conclusión la comparten diferentes estudios que utilizaron videocasetes como materiales de aprendizaje musical (HAMILTON 1989; LEPPLA, 1990; TJORNEHOJ, 2001). No obstante, hay que

tomar con mucha precaución los resultados de dichos estudios, pues en su mayoría fueron tesis doctorales.

La educación auditiva fue la segunda de las áreas de enseñanza musical con mayores esfuerzos de investigación y de potencial aplicación práctica de los programas CAI. Los resultados muestran un efecto positivo en alumnos de diferentes etapas educativas (ARMS, 1997; BOWMAN, 1984; GOODWIN, 1991; LEMONS, 1985; PARKER, 1980; WHISTON, 1987) mientras que otros no llegan a conclusiones determinantes (KONECKY, 1987; OZEAS, 1991; PLATTE, 1981; WATANABE, 1982) y otros son negativos (SHANNON, 1982). En general, estos trabajos compartieron el objetivo de los estudios mencionados arriba en el área de teoría y lecto-escritura: verificar diferencias en el aprendizaje en contrastes experimentales de dos grupos, uno experimental que utilizaba CAI (bien de manera concomitante a clases presenciales, bien de manera exclusiva) y otro grupo control que recibía instrucción con metodologías de música tradicionales. Cabe hacer aquí la misma salvedad que en la sección anterior acerca de que los datos consultados proceden de tesis doctorales no publicadas.

El estudio cualitativo de BRESLER (1987) es muy significativo para comprender el uso de los ordenadores y sus efectos en la enseñanza musical de aquella época. La autora investigó el impacto de los sistemas CAI a nivel introductorio en clases de teoría musical. Sus objetivos fueron: a) valorar la integración del ordenador en el currículo; b) detectar las barreras de estudiantes y profesores en el uso del ordenador; c) identificar las áreas de éxito y dificultades de los estudiantes, sus elecciones individuales en el ordenador y sus estrategias resolviendo los problemas, y d) detectar el modo en que influyen las experiencias de los estudiantes en su aprendizaje musical. La clase escogida como muestra fue un curso de introducción a la música en la Universidad de Stanford (USA). El uso del ordenador fue voluntario para los estudiantes y se utilizó un *software* con contenidos de teoría musical y educación auditiva. Los datos obtenidos incluyeron observaciones de clases de música, sesiones individuales con participantes, entrevistas, examen de materiales escritos, así como datos procedentes de dos tipos de cuestionarios distribuidos en las clases. Los resultados mostraron que el ordenador tuvo un impacto sustancial en el aprendizaje de algunos estudiantes (todos hombres) quienes compartían las siguientes características: a) Habilidad para el auto-diagnóstico, para aprender de las dificultades y para localizar recursos para superarlas; b) Pensamiento analítico; c) Hábitos de trabajo sistemático; d) Largos periodos de concentración. Las observaciones revelaron una diversidad de estrategias en la resolución de problemas, destacando diferentes modos de presentación o estilos cognitivos (i.e. visual, auditiva, kinestésica, etc.). La disponibilidad del ordenador no tuvo impacto en el currículo en cuanto a objetivos, contenidos o formato. Las barreras de los profesores, quienes renunciaron a revisar sus objetivos y a abandonar su posición de autoridad, dificultaron la integración del ordenador en el currículo. Como consecuencia, el sistema CAI tuvo escaso impacto en el aprendizaje de muchos estudiantes. Algunas de las barreras que los estudiantes mencionaron fueron que echaron en falta la existencia de una guía, consideraron que los materiales tenían una deficiente calidad sonora, que la presentación de elementos musicales se producía de modo aislado y que hallaron problemas en el *software* empleado.

De este estudio pionero, se puede colegir que la adopción y uso de un sistema CAI no está exenta de problemas en su uso tanto por profesores como por estudiantes. Estos pueden disminuir las expectativas de éxito en la implementación de la innovación. Por ello, es clave una previsión de elementos en el diseño de CAI que tenga en cuenta: a) los usuarios y el profesorado (se incluye la evaluación formativa de actividades, se incluye niveles de dificultad o progresividad, es adaptable a los contenidos del plan de estudios o currículo); b) los objetivos (tiene objetivos abiertos o permiten ser configurados a través de la adopción de un itinerario); c) contenidos (es adaptable al currículo o

plan de estudios, es configurable); d) las actividades (establece niveles, facilitando la flexibilización; contiene actividades de producción y percepción); y e) los materiales (contiene diferentes modos de presentación de información -aural, visual-estático, visual-dinámico-, los modos están coordinados minimizando la carga cognitiva total de los materiales). Estas cuestiones serán abordadas más adelante.

SOFTWARE PARA LA EDUCACIÓN MUSICAL EN ESPAÑA

Un precedente en España lo constituye los recursos digitales creados por Octavi Soler, un profesor de música de Ed. Primaria. El trabajo de Soler se realizó con *Clic* y *JClic*, un conjunto de aplicaciones que sirven para realizar diversos tipos de documentos multimedia. Posteriormente, realizó documentos multimedia en soporte Flash, lo que le permitió difundir su trabajo en Internet (Soler, 2016). Estos documentos pueden ejecutarse directamente a través del protocolo HTML o bien pueden ser compilados en forma de una aplicación. Los materiales de Soler no fueron diseñados para formar un conjunto ramificado de aplicaciones con un único objetivo, sino que cada uno tiene una función determinada, por ejemplo, el aprendizaje de repertorio de flauta, el aprendizaje rítmico o la notación occidental.

También es destacable la producción de recursos multimedia de Julio Payno, quien ha ido creando una gran biblioteca de estos materiales a lo largo de los años para sus alumnos de Ed. Primaria. Su motivación fue la necesidad como profesor de dar solución a determinados problemas en los procesos de enseñanza-aprendizaje e incentivar al alumnado de modo que pueda prolongar su experiencia musical más allá del tiempo y espacio escolares. Los recursos creados por Payno son programas ejecutables realizados con Flash, no agrupados bajo categorías. Entre ellos, hay programas que incluyen diferentes modos de presentación de información para facilitar tareas musicales de tipo perceptivo y productivo, por ejemplo, juegos de pregunta-respuesta, acompañamientos para canciones (karaokes), acompañamientos para la interpretación instrumental (minus-one, partituras analógicas sonorizadas), reproductores multipista usando *ostinati*, animaciones, guías para danza, etc. Gran parte de su producción se encuentra disponible gratuitamente en el blog de su centro, el CEIP Gerardo Diego de los Corrales de Buelna, Cantabria. El autor afirma que no realizó nunca una investigación sistemática de sus programas para medir su efectividad o eficacia en los procesos de aprendizaje. No obstante, manifiesta que “si sigo creando y utilizando este tipo de materiales es porque observo que funcionan dentro del aula y fuera de ella, apoyando, ampliando y reforzando los aprendizajes” (J. PAYNO, comunicación personal. 20 de junio de 2016).

Un ejemplo pionero en España, precursor del programa abordado en este artículo, es el software *Julivert Music* (PÉREZ-GIL, 1992). Fue diseñado para Apple Macintosh y Commodore como apoyo a la enseñanza del ritmo, la melodía y la armonía en la educación obligatoria. Desde el punto de vista didáctico, el software es coherente e incluye un diseño basado en principios extraídos de los metodólogos del siglo XX y de los resultados de investigaciones sobre educación musical. Los módulos que lo constituyen abordan tres áreas de experiencia musical: ritmo, melodía y armonía. Los módulos de apoyo rítmico de *Julivert Music* fueron:

- *Impactos*, para discriminar el número de impactos en un ritmo estructurado (WILLEMS, 1966).
- *Sonidos Corto-Largo*, para discriminar cuáles de esos impactos son cortos o largos (SEASHORE, 1957).
- *Metrónomo*, para adiestrar la regularidad de pulsación (DRAKE, 1954).
- *Ritmovisto*, para ejercitar la precisión en la ejecución de ritmos básicos (FLOHR, 2000; ZENATTI, 1980).

- *Ostinatos*, para usar pequeños motivos rítmicos que no requieren usar la grafía tradicional con el fin de desarrollar la precisión rítmica (ORFF, 1950).
- *Pararritmo*, para asegurar la lectura de ritmos básicos.
- *Rítmica*, para transcribir ritmos oídos con notación musical occidental.

Los módulos “Metrónomo” y “Pararritmo” fueron creados en base a las investigaciones que sugieren la importancia de la producción y mantenimiento de la pulsación como habilidad fundamental previa para la construcción de competencias en el ámbito de la educación rítmica (Barbacci, 1965; Fraisse, 1976; Serafine, 1979). En el caso de “Ritmovisto” y “Ostinatos”, fueron diseñados teniendo en cuenta la importancia de la exactitud métrica en la ejecución de ritmos sencillos para el posterior reconocimiento de ritmos oídos.

Los módulos para el apoyo melódico fueron:

- “Graves”, se diseñó para discriminar el sonido más grave/agudo dentro de un patrón melódico de una extensión de 2 a 9 sonidos. Es una variante de un test de Seashore (1957).
- “Grafisor”, para discriminar la dirección hacia el agudo/grave de forma continua. Está basado en el trabajo con flauta de émbolo, de Willems (1966).
- “Cartas”, para discriminar la dirección sonora de forma discreta (grados I, II, III). Es similar al ejercicio con las *cartas* de Martenot (1979).
- “Entonador”, para asegurar la entonación mediante lectura con notación occidental.
- “Dictado”, para transcribir entonaciones oídas a su grafía en el pentagrama.
- “Visuainterválica”, para discriminar visualmente los intervalos en el pentagrama (Martenot, 1979).
- “Logointerválica”, para discriminar intervalos por el nombre de sus sonidos (Willems, 1966).
- “Sonointerválica”, para discriminar intervalos por su sonido característico.
- “Afininterval”, para trabajar la precisión en la afinación de intervalos.

Algunos de los módulos mencionados tienen su justificación en las teorías y trabajos empíricos que sugieren un efecto positivo de la presentación multimodal de información musical en las tareas de discriminación y recuerdo de eventos musicales, por ejemplo, DAVIES & YELLAND (1977) sugirieron que la habilidad para recordar secuencias tonales y contornos melódicos mejoraba significativamente mediante el ensayo con este tipo de ayudas. Se usó *feedback* visual con el grupo experimental y *feedback* auditivo con el grupo de control. Los autores afirman que la habilidad para formar una exacta representación interna de las secuencias tonales puede ser mejorada mediante la doble vía visual y auditiva, al menos a corto plazo.

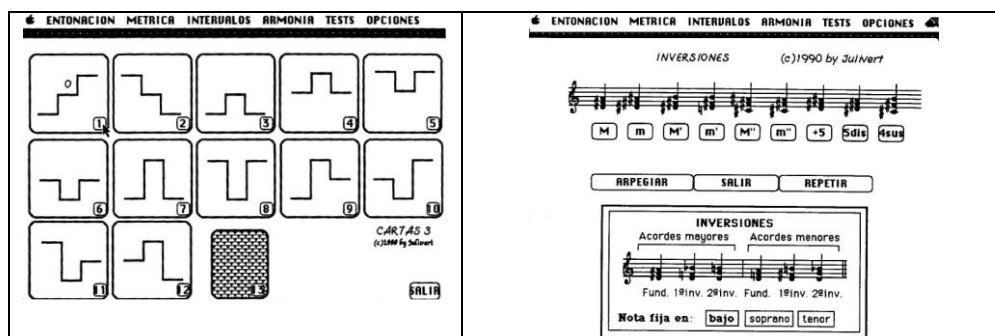


Fig. 1 Dos de los módulos de JulivertMusic (Pérez-Gil, 1992): Cartas (izda.) e Inversiones (dcha.)

Los módulos de apoyo armónico fueron:

- “Acordes”, diseñado para discriminar consonancia/disonancia y acordes tonales (I,IV,V)
- “Inversiones”, diseñado para discriminar modo mayor/menor e inversiones.

Con estos módulos se pretendía facilitar la tarea de discriminación entre consonancia y disonancia, la discriminación de los grados tonales I, IV y V, y la discriminación de acordes mayor, menor, aumentado, disminuido y suspendido.

Para conocer los efectos y la validez de este programa en situaciones reales de aprendizaje musical, se realizó un trabajo de corte experimental en tres etapas educativas -Preescolar, Primaria y Secundaria-. Los resultados de este estudio mostraron que: a) los alumnos de segundo curso de preescolar, mediante el software creado, mejoran su capacidad de discriminación del número de sonidos de un ritmo (entre uno y cinco sonidos) y de la direccionalidad del sonido hacia el agudo o hacia el grave, o manteniendo su altura constante; b) que los programas de entonación creados constituyen una herramienta alternativa para la medición de aptitudes musicales en alumnos de Ed. Primaria, si se compara con el Test de Bentley (1966); y c) que en Ed. Secundaria, los programas rítmicos constituyen una herramienta eficaz para el desarrollo de la discriminación rítmica; los resultados de los ejercicios de interválica, a través de un análisis de regresión múltiple, sugieren que los módulos de interválica pueden constituir un predictor de la nota final alcanzada por la suma de los tres grupos de ejercicios: ritmo, entonación e interválica (PÉREZ-GIL, 1992).

En relación tangencial a EMOLab, se sitúa el programa “Tactus” (TEJADA, PÉREZ-GIL & GARCÍA, 2011). Este programa de ordenador fue el objeto de un proyecto de investigación i+d+i financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España en su Plan 2004-2007. El objetivo principal fue el diseño, creación y evaluación de un programa informático para el adiestramiento del ritmo musical. El programa incluye actividades de percepción, producción y lectura rítmica; usa música real procedente de discos como fondos sonoros para interpretar patrones rítmicos; incluye ayudas visuales; su progresión es abajo-arriba; utiliza una progresión experimentación-simbolización; usa notación no convencional como andamiaje de aprendizaje de la notación occidental; implementa una evaluación a medida del nivel del alumnado. Para la elaboración del software, se siguió una metodología descriptivo-exploratoria, elaborando primero un modelo de adiestramiento rítmico mediante ordenadores que tuvo tres fuentes de datos: a) modelos-enfoques de educación musical; b) praxis docente del profesorado de Escuelas de Música y Conservatorios; y c) opiniones de expertos. Las categorías de este modelo fueron: ordenamiento de contenidos rítmicos, progresividad, actividades, características de ejercicios, dispositivos y artefactos didácticos, evaluación, niveles de configuración del programa por el usuario y características técnicas. Estas categorías sirvieron para confeccionar la guía didáctica. Para refinar la versión beta de Tactus y los instrumentos de evaluación, se realizó una prueba piloto con alumnos y profesores de Enseñanzas Elementales en tres conservatorios españoles (Catarroja, Madrid, Sevilla) y en una escuela de música (Godella). La prueba piloto incluyó un cuestionario para alumnos (opiniones, percepciones y emociones) y dos cuestionarios para profesores (percepciones y usabilidad).

A partir de los datos recogidos con estos instrumentos, se elaboró la versión definitiva, la cual fue utilizada en tres conservatorios de España (Las Palmas, Sta. Cruz de Tenerife y Logroño), una escuela de música (Rubí, Barcelona) y tres universidades de Chile (U. de Chile, U. Metropolitana de CC. de la Educación y U. de La Serena). En la evaluación de alumnos (N=175), se recogió un conjunto de datos cuantitativos a través de dos cuestionarios diferentes para cada sesión de trabajo con el programa. La validez y fiabilidad de este instrumento mostró valores altos de saturación en sus dimensiones categóricas (Alpha Cronbach entre 0,883 y 0,961). La evaluación de profesores (N=51) se realizó mediante dos instrumentos: 1) un cuestionario, que fue cumplimentado durante la

experiencia con el programa (entre 2 y 4 días); y 2) grupo de discusión que recogió datos cualitativos en los centros educativos. Los datos mostraron una valoración excelente de “Tactus” (TEJADA, PÉREZ-GIL & GARCÍA PÉREZ, 2010), así como opiniones muy positivas del profesorado sobre la adecuación del programa a las situaciones de aprendizaje rítmico y su alta aplicabilidad del programa en la educación musical especializada. Además, los datos cuantitativos del alumnado fueron corroborados por la evaluación de las emociones positivas y negativas reconocidas por ellos durante la experiencia con el programa (TEJADA, GARCÍA, ESPIGARES & REBOLLO, 2013; ESPIGARES, GARCÍA, TEJADA & REBOLLO, 2014).

Para finalizar, cabe nombrar aquí un proyecto que se está desarrollando actualmente. Tiene como objeto el diseño, implementación y evaluación de un programa (“Cantus”) para la evaluación a tiempo real de la entonación cantada (PÉREZ-GIL, TEJADA, MORANT & PÉREZ-GONZÁLEZ, 2015; 2016). El aprendizaje de la entonación de patrones melódicos en la música occidental se ha realizado tradicionalmente mediante procesos imitativos, es decir, escuchando primero el modelo y reproduciéndolo vocalmente después. Posteriormente, se representa a los sonidos mediante un sistema silábico o bien, en el caso de utilizar la notación musical occidental (NMO), se usa una sílaba neutra, sin relación diastemática. Pocos avances se han producido en este área, salvo el uso de materiales guiados en soporte audio o algunos programas informáticos que incorporan el uso de un micrófono cuyo *input* es analizado por un algoritmo de análisis de frecuencias. No obstante, estos programas adolecen de problemas, bien por la resolución del propio algoritmo, bien por problemas en el filtrado del sonido ambiente, resultando en un elevado porcentaje de errores de detección del *input* y por tanto en fallos en la evaluación de la respuesta del alumno. “Cantus” pretende ser una herramienta para el adiestramiento de la entonación en la lectura musical. El programa incorpora las más recientes investigaciones sobre el uso de *feedback* inmediato, tanto en tiempo real como diferido. Los patrones de 8 sonidos como máximo se han diseñado de acuerdo a diferentes teorías de aprendizaje de la música. Las actividades en las que están incluidos se agrupan en cinco unidades de trabajo. Los ámbitos de los patrones son los modos mayor, dórico, eólico, mixolidio, modo menor con sensible y patrones con notas extrañas a la tonalidad. La velocidad de ejecución es programable; no obstante, el ritmo no está asociado a la entonación. Asimismo, el programa puede ser personalizado: docentes o alumnos pueden grabar patrones e incorporarlos en el programa. El sistema de evaluación permite el seguimiento del progreso mediante estadísticos separados y puede realizar una evaluación exclusiva de las habilidades de entonación de lectura musical sin uso de la imitación. Los resultados pueden ser almacenados de distintas maneras (nube, correo electrónico) o impresos en pdf.

El estudio piloto para la evaluación de “Cantus” se ha realizado con una muestra de 21 profesores de música que trabajaron en trece escuelas de música de la provincia de Valencia, España. Estos maestros trabajaron con el software durante una semana con el fin de evaluarla. Posteriormente, cumplieron un cuestionario de dos partes que incluyó: a) cuestiones relacionadas con la demografía, la experiencia profesional y el uso de las TIC; y b) cuestiones relacionadas con aspectos técnicos y didácticos del software. El cuestionario también incluyó tres preguntas abiertas relacionadas con “Cantus”: ventajas, problemas y sugerencias. Este cuestionario fue validado por cinco profesores de música universitarios mediante la evaluación de adecuación y pertinencia de contenido de cada ítem a través de un cuestionario de validación. Los primeros resultados obtenidos muestran una excelente recepción por parte de los profesores, que consideran este software como una herramienta de formación musical muy adecuada en las etapas iniciales de la educación musical (PÉREZ-GIL *ET AL.*, 2016).

Aprendizaje multimedia y EMOLab

Los presupuestos teóricos para la creación de EMOLab están basados en la teoría de aprendizaje multimedia (CLARK & MAYER, 2016; MAYER, 2005; SCHNOTZ, 2005). Se adoptó esta teoría por su robustez, consistencia y evidencia empírica. Sus principios han sido verificados experimentalmente en laboratorio (Mayer, 2005) y tienen un fuerte enlace con principios psicológicos del aprendizaje, entre ellos, la teoría de carga cognitiva y las teorías psicológicas de la percepción. Esta teoría propone que el aprendizaje multimedia es un proceso caracterizado por varios principios:

- El principio *multimedia* sostiene que la combinación de sonidos e imágenes permite que el mensaje sea más significativo y, en consecuencia, permanezca más tiempo en la memoria en comparación con estímulos que presentan únicamente una modalidad. De ahí que este haya sido un recurso implementado en EMOLab. Se ha contextualizado el sonido con elementos visuales como la representación musical occidental (NMO) o imágenes ilustrativas de la producción sonora siempre que ha sido posible.
- La *modalidad* postula que los estudiantes aprenden mejor de estímulos que combinan imágenes y audio que de aquellos que combinan narración y texto escrito, asociando imágenes sincrónicas representativas de eventos musicales sonoros, por ejemplo, el apoyo visual de perfiles sonoros continuos y discretos en tiempo real.
- El principio de *continuidad espacial* advierte acerca de la conveniencia de presentar toda ilustración que apoya un texto escrito próxima a este, tal como ocurre en EMOLab.
- La *continuidad temporal* postula que la reproducción sonora debe presentarse en sincronía con las ilustraciones que se utilizan. En EMOLab, se señalizan los eventos sonoros que se producen, constituyendo una pre-etapa de aprendizaje, anterior a cualquier intento de evaluación de la habilidad correspondiente.
- El principio de *redundancia específica* prescribe la inclusión de cualquier texto escrito que duplique lo que se esté señalando de manera auditiva y que además se encuentre apoyado por ilustraciones. En EMOLab, el texto se ha limitado a la aparición de un icono de información en la parte superior derecha de la pantalla, sobre el funcionamiento y características de cada juego.
- El principio de *coherencia* desaconseja la inclusión de ilustraciones y palabras desconocidas. Asimismo, impone reservas en el uso de estímulos sonoros o visuales innecesarios. En EMOLab, las palabras e ilustraciones utilizadas son las estrictamente necesarias para el funcionamiento correcto e intuitivo de cada juego.

Siguiendo estos principios, las tres modalidades de aprendizaje -visual, auditiva y kinestésica- se apoyan mutuamente y pueden facilitar el aprendizaje de conceptos musicales y habilidades de escucha, representación, lectura y producción musical. La presentación multimodal puede potenciar el aprendizaje musical mediante la sinergia de los modos de presentación de información visual y auditivo. Esto puede facilitar la construcción de representaciones mentales progresivamente más complejas asociando diferentes representaciones individuales, lo cual puede producir sinergias positivas y aminorar la carga cognitiva del objeto de aprendizaje, particularmente la carga cognitiva extraña o extrínseca (SWELLER, 2005).

La carga cognitiva es un constructo de la psicología cognitiva relacionado con el esfuerzo que requiere de la persona que aprende. Este es debido fundamentalmente al control de la memoria de trabajo, un recurso cognitivo con limitaciones de almacenamiento, en el procesamiento de la nueva información (VAN MERRIËNBOER & AYRES, 2005). Esta carga puede ser de dos tipos: a) intrínseca, inherente al contenido a aprender, y b) extrínseca o carga extraña, añadida o procedente de los materiales o modalidades en que se presenta el objeto de aprendizaje. Los autores que han investigado sobre este constructo afirman que es tanto más probable que se desarrollen habilidades

o realicen aprendizajes de contenidos complejos cuanto más libre esté el entorno de aprendizaje de la carga cognitiva extraña de los mismos materiales (lo cual afecta a la memoria de trabajo del estudiante) (SCHNOTZ & KÜRSCHNER, 2007; SWELLER, 2005).

En un escenario de aprendizaje mediante objetos digitales, la disminución de la carga cognitiva extraña podría ser de mayor ayuda en el caso de la educación musical que en otras áreas de didácticas disciplinares debido a la naturaleza intangible de la música y a la capacidad de poder representarla con múltiples códigos (BRÜNKEN, PLASS & LEUTNER, 2004; MAYER & MORENO, 2003). Diversos estudios que han abordado la efectividad, conveniencia o eficacia del uso de objetos multimedia digitales para el aprendizaje de la música (CHAN, JONES, SCANLON & JOINER, 2006; GÓMEZ & TEJADA, 2015; LORENZO, VÍLCHEZ & HERRERA, 2015; YU, LAI, TSAI, & CHANG, 2010) sugieren que se produce un aumento de la motivación y/o del aprendizaje cuando se utilizan tales materiales.

METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN DEL *SOFTWARE*

En EMOLab, se han integrado de forma modular diferentes programas para la educación musical de principiantes que incluyen actividades de percepción y producción musicales. Constituye una plataforma abierta con ejercicios variados y multinivel para ser aplicados a diferentes etapas de aprendizaje musical, desde fases tempranas hasta avanzadas. Intenta ofrecer un reto personal a los estudiantes, quienes pueden elegir entre los 16 módulos de los que consta y que han sido diseñados con diferentes niveles de dificultad. Las actividades abordadas son fundamentales en la educación musical, por ejemplo, la producción de ritmos, la asociación simbólica (reconocimiento auditivo de representaciones de ritmos, lectura musical, dictados melódicos), la discriminación auditiva, el fomento de la memoria auditiva, etc.

Para la construcción de este software, se realizó primero una recolección de datos entre profesores sobre aspectos relativos a los contenidos y actividades musicales más adecuadas para los usuarios previstos. Después, se tomaron una serie de decisiones basadas en teorías del aprendizaje musical y en la teoría del aprendizaje multimedia de Mayer. Ambos grupos de datos permitieron la construcción de una guía de diseño didáctico, la cual fue utilizada para implementar el programa. Estas fases son descritas a continuación.

Diseño didáctico

En primer lugar, se detectaron las necesidades de formación que debería de cubrir el software en los ámbitos de formación previstos, es decir, Maestros de Ed. Primaria generalistas (no especialistas en Ed. Musical) en la U. de Valencia. Esto se realizó a través de encuestas y entrevistas con profesores de música que estaban realizando el Máster de Música en la U. Politécnica de Valencia. Los profesores consultados respondieron a una serie de items de tipo abierto que pretendieron recoger sus expectativas respecto a un hipotético software para la formación musical de maestros generalistas: actividades-tipo, bloques de contenido y evaluación.

Después de esto, se determinó el nivel de enseñanza musical que debía abarcar (inicial) y la dificultad de las actividades incluidas (primer curso). En tercer lugar, se definieron las áreas de experiencia musical que debían abordarse: adiestramiento auditivo, lectura de notación convencional, memoria y formación rítmica. Por último, se equilibraron los tipos de conducta musical que se pretendía fomentar con las actividades: perceptiva y productiva.

Una de las cuestiones más importantes del diseño fue incorporar en los distintos módulos la posibilidad de potenciar el autoaprendizaje. En muchos de los diseños de software de educación musical existentes en la actualidad, sólo se incluye una evaluación de aprendizaje, pero no suelen proporcionar una etapa formativa de autoaprendizaje. EMOLab no determina la cantidad de autoaprendizaje necesario para la consecución de una evaluación óptima, la cual debe ser auto-regulada, es decir, fijada por el usuario. Si un usuario no ‘progresa adecuadamente’, debe plantearse la opción de ‘aprender’ antes de pasar a ‘jugar’ para evaluar sus habilidades musicales. De esta forma, se potencia la adaptación del programa a distintos niveles y ritmos de aprendizaje. Igualmente ocurre con las posibles rutas a seguir por el usuario dentro de este programa. Por esto, EMOLab constituye un software abierto, con distintos niveles de dificultad intra e inter juegos, que pueden ser fijados por los usuarios en función de su nivel formativo musical.

Como se ha mencionado, se decidió una estructura modular para el software, es decir, el abordaje sectorial de cada competencia o grupo de ellas, de modo que cada módulo o grupo de ellos tuviera una función formativa diferente. Se adoptó también un principio de progresividad para su ordenación interna mediante niveles de dificultad, lo cual debería favorecer la personalización de la herramienta. En algunos módulos, se decidió que las actividades e itinerario formativo fueran programables por el estudiante o el profesor con el objetivo de proponer un programa con la suficiente flexibilidad para los contextos docentes en los que sería utilizado. De esta forma, el programa podrá ser adaptado en el futuro a otros ámbitos de formación: Escuelas de Música, Ed. Primaria y Ed. Secundaria. Asimismo, se incluyeron otros elementos susceptibles de potenciar el aprendizaje: mensajes verbales cortos, sincronía imagen-sonido y feedback inmediato. De acuerdo con la fundamentación teórica sobre aprendizaje multimedia, se implementó la presentación de información musical a través de una interacción de información sonora, visual estática y visual dinámica (BROCHARD, TASSIN & ZAGAR, 2013; GÉRTRUDIX & GÉRTRUDIX, 2010; LOVELACE, STEIN & WALLACE, 2003; VAN RULLEN, ZOEFEL & ILHAN, 2014). Se muestra la interfaz principal del programa en la fig. 2.



Fig. 2 Interfaz del programa EMOLab. Los menús constituyen las categorías de actividad.

Categorías y módulos formativos de EMOLab


Entonación


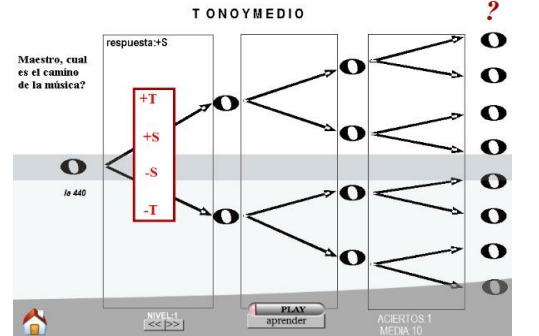
La categoría ENTONACIÓN (tabla 1) se basa –como es el caso del módulo “Solmiza”- en el proceso imitativo con la técnica del modelado vocal, incorporando las investigaciones de Dickey (1992), GREEN (1990) y RUTKOWSKI & MILLER (2003) en lo que respecta al contraste de modelo de voz masculino *versus* femenino. Estos trabajos sugieren que el modelo más efectivo es el que se asemeja más a la tesitura vocal del usuario. La dificultad es configurable por el estudiante o el profesor, quienes pueden elegir los sonidos que componen el patrón, los cuales serán combinados por el módulo de forma aleatoria. Se pueden realizar ejercicios en Do mayor, Sol mayor o Fa mayor. El modelado vocal permite el control del vibrato (SHERBURN-BLY, 2007). La ejercitación se realiza exclusivamente con patrones melódicos tonales excluyendo el parámetro ritmo (GORDON, 1989).

El objetivo didáctico de “Solmiza” es facilitar la lectura musical cantada mediante ejercicios de asociación simbólica con notación musical occidental (NMO): se presenta al estudiante una NMO; el estudiante tiene que leerla, es decir, verla y cantarla; después, el programa reproduce el patrón propuesto con voz de hombre o de mujer; el alumno tiene que verificar la semejanza entre su respuesta y el modelo. La evaluación es dejada al criterio del estudiante, quien puede repetir o no el ejercicio hasta perfilar el modelo propuesto. Su funcionamiento didáctico es simple; pretende pasar progresivamente de la imitación a la lectura a primera vista, ampliando el tiempo entre la presentación visual del modelo y el audio que le corresponde. Cuando el usuario se siente capaz de dar ese paso, tan sólo debe desplazar el feedback sonoro, adelantando la lectura musical y comprobando si la *lectura vista* fue correcta o no.

“RecoMelo” es un módulo sencillo que permite contrastar un patrón melódico isócrono con una NMO. Por su parte, el módulo “Tonoymedio” propone la discriminación de las distancias de tono y/o semitono que conforman una melodía sin saltos. Las distancias de tono y semitono propias de las diferentes escalas y modos son necesarias porque permiten que las notas tengan diferentes funciones armónicas, tonales y psicológicas (BALZANO, 1980). “Tonoymedio” facilita ejercicios de discriminación de alturas: el estudiante debe determinar la dirección (ascendente o descendente) de una sucesión de 2-3-4 sonidos separados en distancias de tono y semitono. La discriminación que aquí se propone es de doble naturaleza: por un lado discriminar si el sonido asciende o desciende y, por otro, si lo hace en distancia de tono o de semitono.

Tabla 1. Módulos que componen la categoría Entonación en EMOLab.

Módulo	Tarea	Contenidos	Captura de pantalla de la interfaz
Solmiza	Reproducir un patrón melódico: asociación simbólica sonido-notación musical occidental (NMO)	Percepción Producción (se presupone que el usuario cantará el patrón; el programa no evalúa; debe hacerlo el usuario) Simbolización	

RecoMelo	Asociar un patrón melódico escuchado con su NMO	Simbolización Memoria	
TonoyMedio	Identificar la dirección de una sucesión de 2-3-4 sonidos con distancias de tono y semitono.	Percepción Memoria	

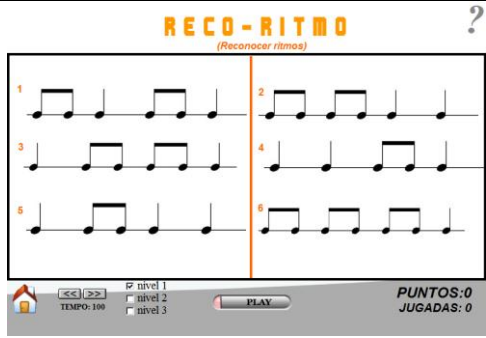
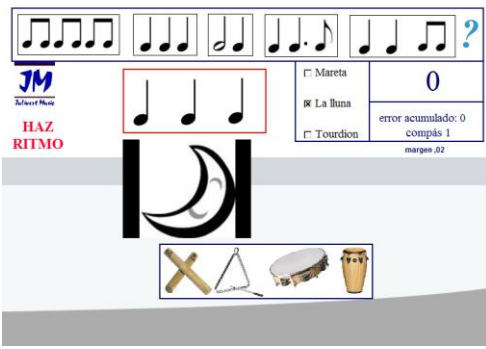
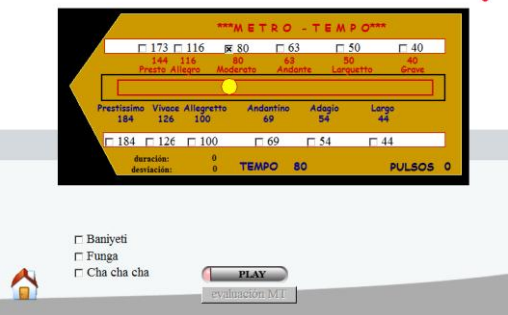
Ritmo

En la categoría RITMO, se incluyen diferentes propuestas didácticas. “Reco-ritmo” genera ejercicios de percepción de patrones sonoros rítmicos y su asociación con la correspondiente NMO (tabla 2).

“Haz Ritmo” tiene por objetivo la exactitud rítmica en la producción de *ostinati* como acompañamiento musical; este tipo de ejercitación facilita la discriminación y la práctica de la lectura rítmica a través de respuestas motrices (MARTENOT, 1993). El estudiante debe elegir un patrón de ostinato rítmico entre los propuestos; escucha una cuenta atrás y una pieza musical de fondo a la que debe acompañar realizando su patrón ostinato mediante una tecla del ordenador. El ordenador evalúa la exactitud rítmica de la respuesta. Esta respuesta nunca debe ser inferior a un número determinado de eventos sonoros.

“MetroTempo” tiene por objetivo la ejecución y mantenimiento preciso de la pulsación, un factor fundamental para la producción musical. Asimismo, aborda el conocimiento de diferentes *tempi*. Los estudiantes deben elegir un tempo y producir pulsaciones de acuerdo al mismo. En la pantalla principal, se implementa un referencia visual respecto al tempo elegido (una animación de un círculo verde más pequeño que oscila arriba y abajo obedeciendo las acciones del usuario). El ordenador realiza la evaluación de acuerdo a la precisión de la respuesta en relación al intervalo entre los diferentes momentos de ataque (IOI, *inter-onset interval*).


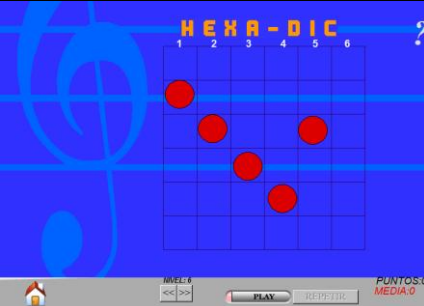
Tabla 2. Módulos que componen la categoría *Ritmo* en EMOLab.

Módulo	Tarea	Contenidos	Captura de pantalla de la interfaz
RecoRitmo	Asociar un patrón rítmico escuchado con la Notación Musical Occidental (NMO)	Percepción Simbolización Memoria	
HazRitmo	Interpretar un patrón rítmico en repetición continua mediante una tecla del ordenador mientras suena música de fondo.	Producción	
MetroTempo	Producir una secuencia rítmica isócrona con y sin playback mediante una tecla del ordenador.	Producción	

Dictados

La categoría DICTADOS desarrolla un modelo de dictados basados en la voz humana con sílaba neutra (tabla 3). La mayoría de programas informáticos que abordan la transcripción de sonidos a NMO (dictados musicales) lo hacen con un sonido instrumental, generalmente de piano. Se han evidenciado dificultades en los dictados que emplean sonidos producidos por instrumentos o cuando se pide transcribir una melodía (HALPERN & MÜLLENSIEFEN, 2007). EMOLab intenta soslayar estos problemas usando sonidos vocales y la ejercitación en dos etapas. En la primera etapa, el módulo *Tridictat* propone dictados usando los tres primeros grados de la escala mayor de *Fa*, tal como se propone en las *Cartas de Martenot de 3 sonidos* (MARTENOT, 1979). En la segunda, el módulo *Hexadictat* propone dictados con las notas de la escala hexátona, *Do Re Mi Fa Sol La*. Los dictados se realizan en ambos casos mediante voz femenina con sílaba neutra (*nu*). La dificultad se configura mediante la determinación del número de sonidos constitutivos del patrón (de 2 a 6 sonidos).

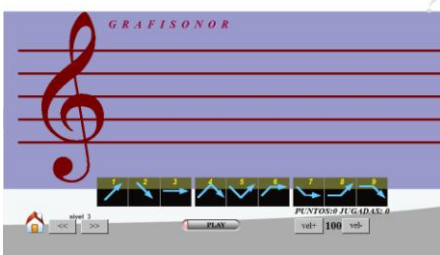
Tabla 3. Módulos que componen la categoría *Dictados* en EMOLab.

Módulo	Tarea	Contenidos	Interfaz
Tridictat	Asociar una secuencia sonora de 2 a 6 sonidos de extensión con sus nombres y posición en una matriz. Ámbito sonoro de 3 sonidos: la, sol, fa (eje vertical)	Percepción Memoria Simbolización	
Hexadictat	Asociar una secuencia sonora de 2 a 6 sonidos de extensión con sus nombres y posición en una matriz. Ámbito sonoro de 6 sonidos: la, sol, fa, mi, re, do (eje vertical)	Percepción Memoria Simbolización	

Perfiles

La discriminación de contornos melódicos es una de las primeras etapas de la discriminación auditiva y constituye una fase previa a la discriminación interválica. Contorno e intervalo están integrados jerárquicamente (THOMPSON & SCHELLENBERG, 2002). La categoría PERFILES (tabla 4) aborda esta competencia. “Grafisor” propone ejercicios de discriminación de dirección mediante *barridos de tono*, siguiendo el modelo de Willems con la flauta de émbolo. “Perfiles 1” propone alturas determinadas de la escala mayor ascendente y descendente por grados conjuntos, llegando a la práctica con dos líneas melódicas simultáneas en “Perfiles 2”. En estos dos módulos, se aíslan las diferentes variables que pudieran afectar a la discriminación de los sonidos (timbre y altura), trabajando todos los ejemplos con una única escala diatónica, en el ámbito de una octava y por grados conjuntos. La ejercitación se realiza con diferentes *tempi* y usando un amplio rango melódico.

Tabla 4. Módulos contenidos en la categoría *Perfiles* de EMOLab.


Módulo	Tarea	Contenidos	Interfaz
GrafiSonor	Identificar la dirección de un patrón de alturas microtonales	Percepción	

Perfiles1	Asociar la dirección de un patrón melódico con su notación.	Simbolización Percepción	
Perfiles2	Identificar la dirección de un patrón polifónico de 2 sonidos simultáneos.	Simbolización Percepción	

Tests

La categoría TESTS (tabla 5) agrupa algunos de los tests estandarizados que existen, como por ejemplo los relacionados con la memoria melódica (BENTLEY, 1966; SEASHORE, 1957; WING, 1960) y la discriminación auditiva (BENTLEY, 1966; WING, 1960). La imperfección en la afinación exacta de la mayoría de instrumentos de cuerda y viento hacen interesante el trabajo de discriminación auditiva en el rango de distancia de 2 a 100 cents. Los módulos “Auditest” y “Meloerror” trabajan respectivamente la discriminación auditiva y la memoria melódica. “Agudo-Grave” es un test para la discriminación de la nota más aguda/grave en un patrón melódico de seis sonidos cantados con texto. Se han realizado múltiples estudios para conocer si existe una relación entre discriminación auditiva y exactitud de afinación vocal (HORNBAACH & TAGGART, 2005; MOTA, 1997; PHILLIPS & AITCHINSON, 1997). Los resultados obtenidos en estos trabajos no son concluyentes, pues los mecanismos de la producción vocal tienen una influencia decisiva en la precisión de la afinación vocal. No obstante, parece coherente que la discriminación auditiva tenga importancia en la interpretación, especialmente en instrumentos de cuerda y viento. La educación auditiva y la técnica instrumental son la base de una ejecución afinada. Los tests de discriminación y test de memoria melódica a corto plazo incluidos aquí tratan de medir la capacidad auditiva del estudiante y su posible relación con otras variables de tipo melódico.

Tabla 5. Módulos que componen la categoría Tests en EMOLab.

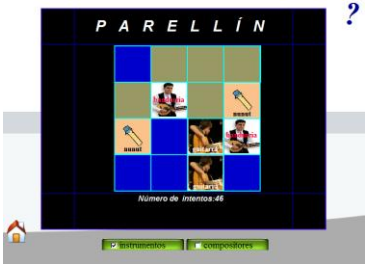
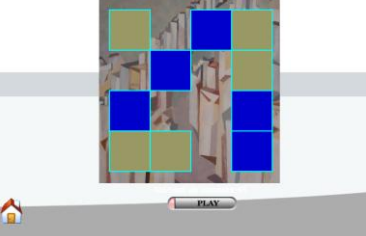
Módulo	Tarea	Contenidos	Interfaz
Auditest	Identificar la dirección producida por la sucesión de dos sonidos (microtonal)	Percepción	

AgudoGrave	Identificar la nota más aguda de un patrón melódico con sentido tonal.	Percepción	
Meloerror	Comparar dos patrones, uno escuchado y anotado y otro sólo anotado. Identificar la nota errónea en una notación de un patrón melódico previamente escuchado	Percepción	

Parejas

Por último, la categoría PAREJAS pretende el emparejamiento de sonidos iguales repartidos aleatoriamente en una matriz de 4x4 (tabla 6). Al pulsar en cada uno de los cuadrados, se reproduce un sonido que el usuario debe recordar hasta encontrar su pareja. Al pulsar en ambos cuadrados, uno tras otro, son eliminados del *puzzle*, terminando cuando todas las parejas han sido reconocidas. La aleatoriedad de los contenidos de la actividad dificulta el control de la evaluación, pues no se mantiene el nivel de dificultad, aunque supone un esfuerzo importante de memoria auditiva y espacial para la localización de las parejas de sonidos iguales. Existen diferentes colecciones de sonidos asociados a los puzzles. *Parellin* utiliza dos tipos: sonidos de instrumentos y fragmentos de obras de compositores clásicos. *Nuparejas* utiliza sonidos vocales con la sílaba neutra “nu”.

Tabla 6. Módulos que constituyen la categoría *Parejas* en EMOLab

Módulo	Tarea	Contenidos	Captura de pantalla de la interfaz
Parellín	Identificar pares de instrumentos o pares de obras musicales)	Percepción Memoria	
NuParejas	Identificar pares de sonidos (sílabas nu)	Percepción Memoria	

Como sumario de esta sección, los procesos que el programa permite abordar son:

- Procesos cognitivos que intervienen en la simbolización, es decir, la asociación de los sonidos con la notación musical occidental, a través del reconocimiento de perfiles melódicos, tanto en forma discreta (notas de la escala de Do mayor), como de forma continua (en forma de glissandi)
- Procesos de atención, necesaria para la ejecución rítmica correcta
- Procesos cognitivos de discriminación rítmica.
- Procesos de coordinación psicomotriz, necesarios en la precisión de la interpretación rítmica.
- Procesos de discriminación auditiva de distancias menores al semitono, habilidades evaluables en diferentes tests musicales como los de SEASHORE (1957), WING (1960), o BENTLEY (1966).
- Procesos de memoria melódica, habilidad evaluable en los tests musicales de SEASHORE (1957) y BENTLEY (1966).

Implementación

La programación de EMOLab se realizó con la plataforma Authorware 7. Esta interfaz de programación de aplicaciones (API) incluye un lenguaje dirigido a objetos que ejecuta y relaciona todo tipo de eventos -audio, video, códigos MIDI- así como diferentes formatos gráficos dispuestos en una línea de flujo programable. En el ciclo de implementación de EMOLab, se realizó una prueba de usabilidad, alfa y beta tests (NIELSEN, 1994).

El sistema modular EMOLab toma la forma de un “libro” en la API, es decir, una única aplicación que engloba los diferentes módulos con el objetivo de hacer expandible el software (fig. 3). El programa se ejecuta bajo la plataforma Windows, pero también en Linux utilizando el programa emulador *Wine*.

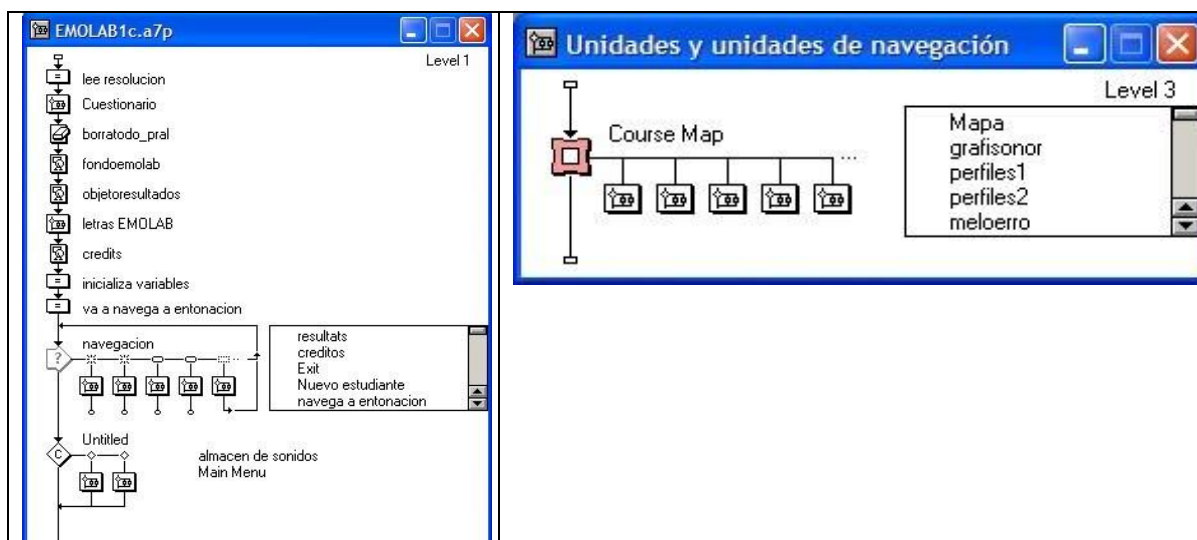


Fig. 3 capturas de pantalla de la programación de EMOLab en la API. A la izquierda, se muestra la línea de flujo de eventos de programación. Obsérvese el despliegue de sub-eventos dentro de la sección “Navegación”, la cual se amplía en la figura de la derecha.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

La metodología de evaluación incluyó varias fases. La primera fue la realización de pruebas de funcionalidad realizada por los propios investigadores y colaboradores de la investigación sobre una versión alfa del software. Consistió en trabajar con cada uno de los niveles de un módulo y reportar en una ficha los problemas encontrados.

Después de la prueba de funcionalidad, se realizó una prueba de usabilidad, definida como la medida en la que un producto se puede usar por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto especificado (NIELSEN, 1994). Los componentes de usabilidad utilizados en la prueba que se aplicó fueron: aprendizaje, eficiencia, memoria, errores y satisfacción. Esta prueba tomó la forma de heurístico, el cual operativizó los anteriores elementos de usabilidad como: visibilidad del estado del sistema, correspondencia entre sistema y mundo real, control y libertad de usuario, consistencia y estándares, evitación de errores, reconocimiento de objetos del sistema, flexibilidad y eficiencia, reconocimiento, diagnóstico y recuperación de errores y, por último, ayuda y documentación (NIELSEN, 1994).

La tercera fase consistió en la administración de un cuestionario de opinión a profesores y músicos en activo que estaban realizando el doctorado en música en la Universidad Politécnica de Valencia. El cuestionario de opinión, una variante del cuestionario estándar DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades) incluía como ítems los puntos débiles, puntos fuertes, nivel de aplicabilidad y otras sugerencias de mejora del software. Con estos datos se procedió a la revisión e implementación de todas las sugerencias expuestas por los evaluadores. Los datos obtenidos fueron en su mayoría de tipo cualitativo.

Después de esta fase, el software fue evaluado por una muestra de estudiantes de la población prevista. La evaluación consistió en una sesión de 50 minutos utilizando EMOLab y, posteriormente, la administración de un cuestionario de opinión que incluyó diferentes dimensiones de evaluación. Los detalles de esta evaluación de estudiantes se muestran a continuación.

Participantes

El alumnado participante se reclutó mediante dos grupos intactos de estudiantes de primer curso del Grado de Maestro en Educación Primaria de la Universitat de València (N=59; entre 18 y 39 años; 15 hombres y 44 mujeres) entre los 8 grupos-clase de primer curso que cursaban la titulación. El muestreo fue no probabilístico, basado en voluntarios. Para el reclutamiento de los dos grupos de participantes, se informó previamente a los 8 grupos-clase de los objetivos, tareas y principios éticos de la investigación; después, se solicitaron voluntarios y se eligieron los dos grupos-clase con mayor número de voluntarios. Los voluntarios firmaron un consentimiento de participación.

No hubo contraste entre ambos grupos-clase, puesto que el objetivo era evaluar el programa. La elección de dos grupos fue debida a que se quiso aprovechar el tiempo de una clase de la materia Educación Musical y su Didáctica de ambos grupos para la sesión de evaluación de EMOLab. No se impidió la participación a los estudiantes con experiencias de formación previa en música (7 casos), pero sus datos del cuestionario no fueron computados en el análisis estadístico.

Instrumentos

Como instrumento de recogida de las percepciones de los participantes, se elaboró un cuestionario dividido en varios ítems. Se determinó la validez y fiabilidad del instrumento mediante Análisis Categórico de Componentes Principales (CATPCA) para mostrar la validez de constructo y fiabilidad de la medida en forma de escala Likert sumativa. Esta medida es una variable compuesta por los ítems indicadores de valor y actividad sumados que explicaban más del 50% de la varianza, los cuales obtuvieron una alta fiabilidad (Alpha Cronbach = .871) y una probada validez de constructo. Hallado el componente principal, se observaron saturaciones altas, siendo la mínima de .562 y la máxima de .864; la saturación media en la componente principal es .695, con una desviación típica de las saturaciones de .104. El punto de corte escalar básico (la mediana empírica obtenida en esta muestra) fue 4.

Procedimiento

Se realizó una sesión de trabajo con determinados módulos de EMOLab en el Aula de Informática de la Escuela de Magisterio de la Universitat de València con el fin de recabar las percepciones de los participantes. El día previamente señalado y de modo voluntario, estos llegaron al aula de informática y se sentaron individualmente en cada ordenador. Se colocaron los auriculares, introdujeron su contraseña en el sistema con el fin de obtener un reporte de actividad final y comenzaron a trabajar con los módulos del programa seleccionados por los investigadores. Los módulos de EMOLab fueron seleccionados aleatoriamente. Estos fueron cinco: “RecoRitmo”, “GrafiSonor”, “Perfiles 1”, “MeloError” y “Tridictat”. Los niveles de dificultad a practicar dentro de estos módulos se eligieron en función del nivel de destrezas previas y experiencias musicales del alumnado, previa consulta con los profesores de dichos grupos-clase. Al término de 50 minutos de trabajo con EMOLab, se les pidió que vieran su informe de actividad en el programa (si no lo habían hecho todavía) y se les entregó el cuestionario de evaluación pidiéndoles que lo cumplimentaran.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

De los resultados de evaluación, fueron desechados en el análisis los procedentes de alumnado con estudios previos de música (7 casos). Los datos de la muestra en cuanto a preferencias y experiencias previas de uso de ordenadores se muestran en la fig. 4. De los datos obtenidos se puede deducir un perfil de estudiante universitario que usa ordenadores por encima de la media, que los utiliza para aprender, sin un uso especialmente relevante para comunicarse, para ocio o para trabajar. En cuanto al uso de programas de música, la muestra valoró este ítem en una escala dicotómica (sí=2; no=1). Se obtuvo una *media* = 1.05 (.22) 95% CI¹; dos de los estudiantes afirmaron haber utilizado Finale (programa de edición de partituras).

¹ Desviación estándar entre paréntesis. CI = intervalo de confianza.

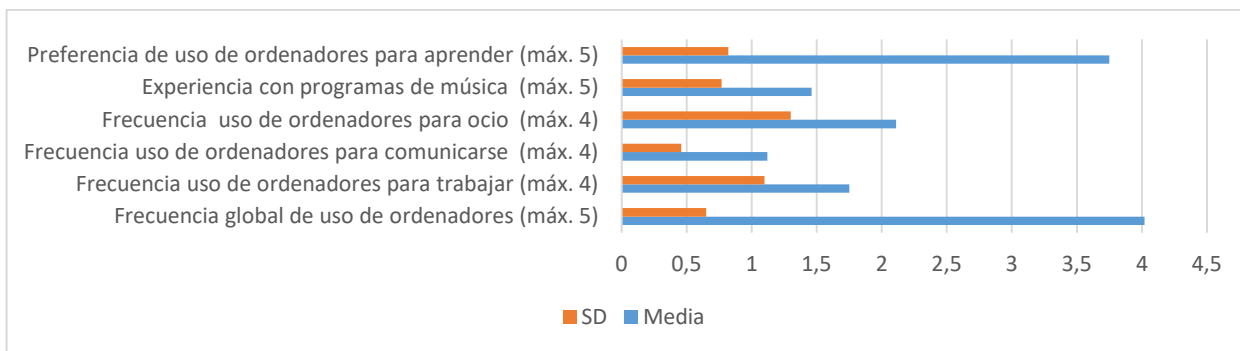


Fig. 4. Media y desviación estándar sobre preferencias y experiencia de uso de ordenadores

Los resultados de evaluación de EMOLab, tanto global como particular de los módulos que utilizaron los estudiantes durante la sesión de evaluación, se muestran en la fig.5. En general, las puntuaciones fueron altas, con una línea de tendencia que parte de 3.75. Se introdujo un ítem repetido en dos diferentes secciones del cuestionario (valoración global de EMOLab). Cada uno de estos fue formulado de manera diferente. Esto se hizo con el fin de verificar la consistencia en la puntuación de los sujetos en este ítem particular. La correlación entre la primera y segunda vez del ítem de evaluación global del programa ha sido significativa $r = .67$; $p = .006$, 95% CI, lo que permite afirmar la ausencia de una varianza significativa en las puntuaciones de los sujetos en las dos evaluaciones, interpretando que el alumnado puntuó de manera consistente.

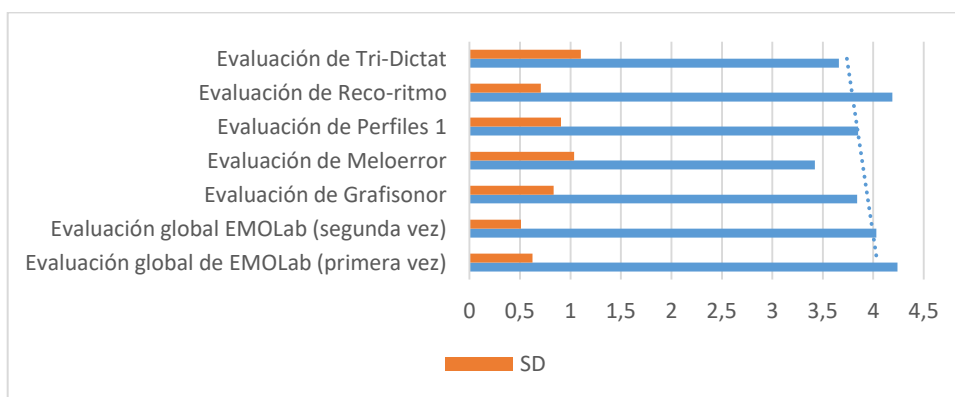


Fig. 5. Evaluación global y parcial de Emolab (punt. máx.= 5)

Las percepciones de los estudiantes sobre el programa se muestran en la fig. 6. Respecto a la percepción de los estudiantes sobre la capacidad de EMOLab en ayudarles a mejorar sus competencias musicales, se utilizó una escala dicotómica. El 96.6% responde afirmativamente, mientras que el 3,4% lo hace negativamente. Por otra parte, los sujetos que respondieron afirmativamente al ítem anterior, contestaron a otro ítem que trató de medir el grado de impacto subjetivo en sus competencias musicales. Los resultados muestran una línea de tendencia entre 3.6 y 4, y $M=3.75$ (.54).

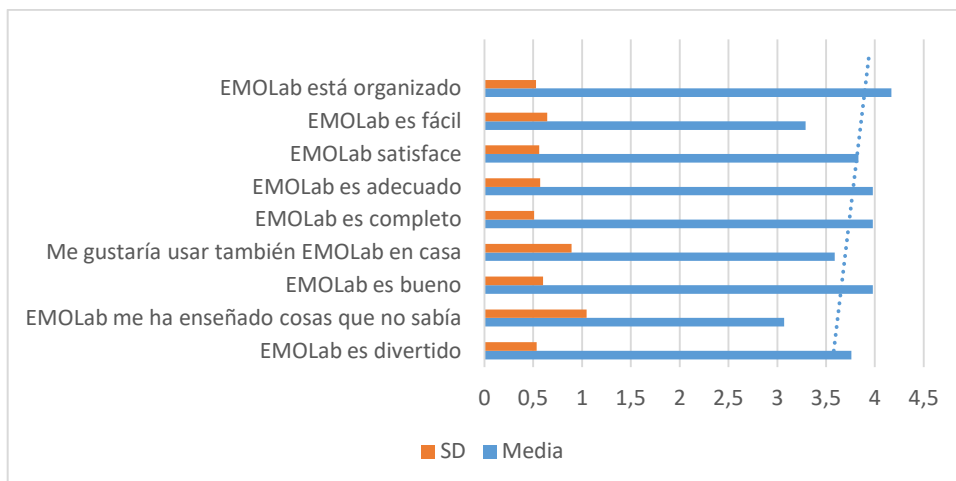


Fig. 6. Percepciones de los usuarios sobre el programa Emolab (punt. máx.= 5 en todos los ítems)

Asimismo, un ítem inverso dentro de esta sección pretendió medir la satisfacción con EMOLab y validar la puntuación global otorgada al programa en la sección anterior del cuestionario. A la afirmación: “Preferiría estar en clase en lugar de trabajar con EMOLab”, la media de los sujetos en relación al acuerdo-desacuerdo con el ítem arroja una puntuación de 1.78 (1.001), deduciéndose de este valor un alto desacuerdo con la afirmación y por tanto se puede interpretar que los participantes prefirieron estar trabajando con EMOLab a estar en la clase de música tradicional. Esto puede suponer un indicador de la satisfacción con el programa. Otro indicador del grado de aceptación del programa fue implementado en forma de un ítem que preguntó a los sujetos si recomendarían EMOLab a sus amigos. El 98.3% respondió afirmativamente. En la fig. 7, se pueden apreciar los ítems de las características técnicas –generales y específicas- que constituyeron la evaluación de los usuarios.

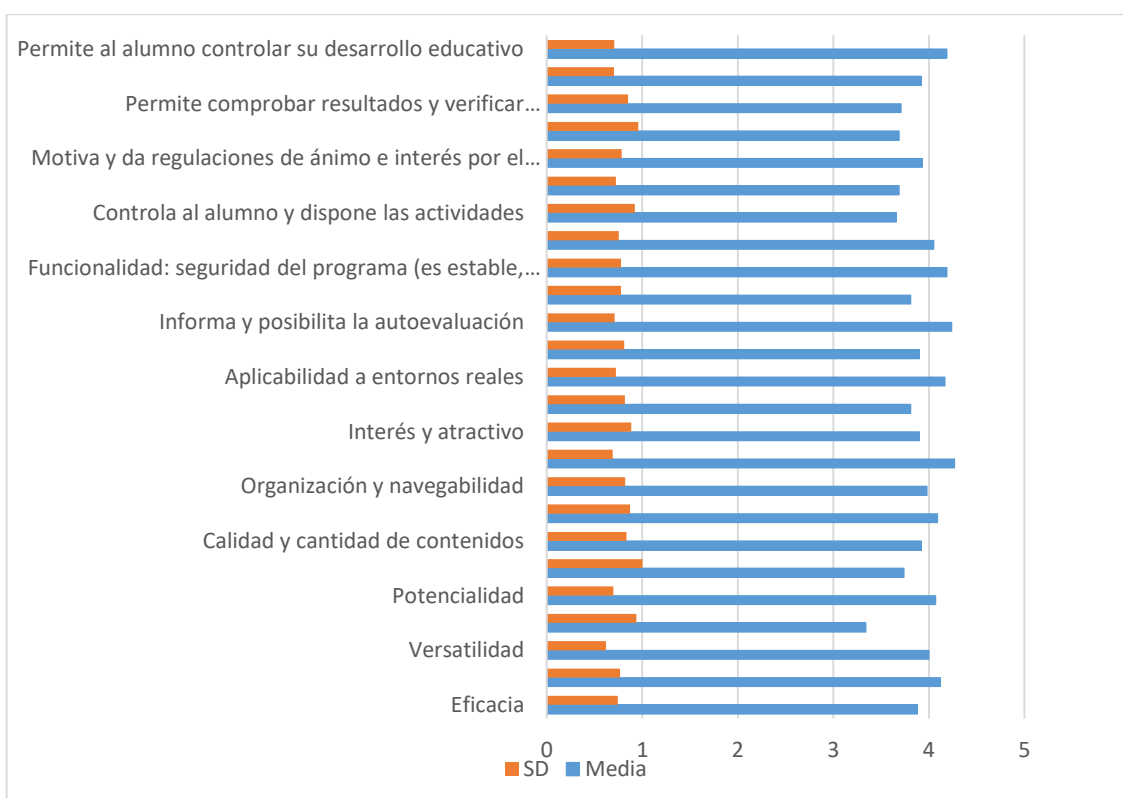


Fig. 7. Evaluación de las características generales y específicas de EMOLab

CONCLUSIONES

El objeto de esta investigación ha sido el diseño e implementación de un programa informático para la educación auditiva básica de maestros no especialistas de música. De los datos de la evaluación realizada por los estudiantes que lo utilizaron, se puede interpretar que el software EMOLab puede ser de ayuda en los procesos de aprendizaje de música. En particular, creemos que puede ser de especial ayuda en los procesos perceptivos de discriminación de ritmo y melodía, en los procesos de asociación simbólica del sistema notacional musical occidental y en los procesos de memoria musical debido a dos factores: a) la integración de modos de presentación de información auditiva y visual; b) un diseño fundamentado en principios básicos de educación musical. La metodología de construcción seguida ha sido semejante a la realizada por TEJADA *ET AL.* (2011) y PÉREZ-GIL *ET AL.* (2015; 2016) para la elaboración de Tactus y Cantus. En este sentido, EMOLab ha seguido una guía de diseño de programa fuertemente basada en información extraída de la teoría sobre didáctica musical, en la praxis de profesores de música en activo y, ya en la implementación, en la teoría de aprendizaje multimedia. No es de extrañar por tanto que haya coincidencias con los resultados de estas dos investigaciones. Tampoco debería extrañar que objetos de aprendizaje que presentan información musical en modos integrados y complementarios de presentación de información puedan ser más atractivos para el alumnado que tiene escasas o nulas experiencias musicales previas. Si esto es así, tampoco es extraño que fomenten la motivación hacia la música (LORENZO *ET AL.* 2015). No obstante, el simple hecho de combinar objetos de aprendizaje con distintas modalidades de presentación de información no asegura que faciliten el aprendizaje. Existe toda una serie de problemas en relación al control del flujo de información en la memoria de trabajo que implican a la atención como un recurso crítico del sistema cognitivo. Uno de ellos es la carga cognitiva, que fue mencionada anteriormente (SWELLER, 2005; VAN MERRIËNBOER & AYRES, 2005). Por tanto, cualquier diseño eficaz de CAI en educación musical debería establecer un diseño conteniendo información de las fuentes mencionadas y una implementación que ponga especial atención a los seis principios de aprendizaje multimedia y a la detección, medición y disminución de la carga cognitiva extrínseca con el fin de mejorar la eficacia y efectividad del recurso (MAYER, 2005; MAYER & MORENO, 2003).

Es necesario mencionar aquí una limitación de este trabajo. La evaluación de EMOLab se ha ceñido a una muestra reducida compuesta por estudiantes de Maestro de Educación Primaria que no cursaban estudios musicales, ni iban a realizar la mención en Educación Musical. Dicho de otra manera, estudiantes con escasas o nulas experiencias previas musicales pero que, sin embargo, constituyeron un grupo homogéneo respecto a sus experiencias musicales. Esto puede constituir una limitación en la evaluación proporcionada más atrás debido a un potencial sesgo en la extracción de la muestra. Además, la justificación primaria del diseño de EMOLab obedece al deseo de generar un recurso flexible para el trabajo con grupos heterogéneos de estudiantes con escasas o nulas experiencias musicales previas. Por tanto y aun a pesar de los buenos resultados de la evaluación, la limitación numérica y de extracción de esta muestra hace necesaria la replicación de este estudio con un mayor número de estudiantes y en grupos más heterogéneos que los que participaron. Asimismo, sería necesario probar este software en otros niveles educativos de manera que permita validar los resultados de evaluación y por tanto la aplicabilidad de este software a situaciones de enseñanza y aprendizaje de la música. Una línea de investigación interesante sería comprobar la eficacia de la segmentación de los contenidos (progresividad, niveles de dificultad) en el aprendizaje de grupos de alumnos y alumnas con distintos niveles de experiencias musicales previas. De esta forma, se podría comprobar que la pretendida flexibilidad del software puede funcionar bien con grupos heterogéneos de clase.

Muchas de las actividades incluidas en EMOLab son de tipo perceptivo. Para un adiestramiento musical más completo o abarcativo, sería necesaria la inclusión de un número mayor de actividades de producción, cuestión en la que este equipo está trabajando. No obstante, esta limitación constituye también una fortaleza. EMOLab tiene una enorme potencialidad como instrumento básico de investigación, en particular, como instrumento de diagnóstico de conductas musicales básicas relacionadas con la percepción. De ahí que sería también conveniente comprobar su utilidad y fiabilidad como instrumento de selección de aspirantes, tanto a los estudios de Maestro especialista de Ed. Musical como al ingreso en las Enseñanzas Elementales de Música. Esto se podría realizar mediante una prueba de habilidades utilizando algunos de los módulos de EMOLab de manera paralela a la prueba oficial que tuviera adoptada el centro educativo. Conjuntamente con EMOLab, se podría utilizar Cantus (un software que evalúa a tiempo real la entonación vocal) como herramienta de diagnóstico para procesos productivos relacionados con el canto y la entonación. De este modo, los datos obtenidos en la prueba inicial de acceso al conservatorio o a la universidad podrían ser contrastados con el rendimiento académico musical durante los sucesivos años de carrera y así comprobar su fiabilidad como instrumento de evaluación.

Para finalizar, EMOLab podría ser de valiosa ayuda en algunas investigaciones sobre educación musical como instrumento de aplicación de estímulos sonoros, sobre todo en trabajos cuyo objeto de investigación sea la influencia de determinadas variables (altura, timbre, tempo, duración, etc.), o bien su detección, con el objetivo de bloquear grupos de participantes en diseños experimentales.

Agradecimientos

Este estudio constituye un Proyecto de Innovación Docente financiado por la Universitat de València a través de su programa homónimo. Agradecemos la inestimable ayuda de Julio Hurtado Llopis (†), a los alumnos de 1er. curso de Maestro de Ed. Primaria de la citada universidad y a los alumnos del Máster de Música de la Universitat Politècnica de València.

Referencias

- Adams, S. (1990). *The development of a computer-based interactive multimedia program for teaching interpretive aspects of wind instrument notation* (Tesis doctoral no publicada). University of Southern California.
- Ajero, M. (2007) *The effects of computer-assisted keyboard technology and MIDI accompaniments on group piano students' performance accuracy and attitudes*. Tesis doctoral. University of Oklahoma. Recuperado de: <https://shareok.org/bitstream/handle/11244/1271/3284124.PDF?sequence=1>
- Arms, L. (1997). *The effects of computer-assisted keyboard instruction on meter discrimination and rhythm discrimination of general music education students in the elementary school* (Tesis doctoral no publicada). Tennessee State University.
- Balzano, G. (1980). The Group-Theoretic Description of 12-Fold and Microtonal Pitch Systems. *Computer Music Journal*, 4(4), 66–84. doi: [10.2307/3679467](https://doi.org/10.2307/3679467)
- Barbacci, R. (1965). *Educación de la memoria musical*. Buenos Aires: Ricordi. Bailey, D. (1990). *The effects of computer-based instruction on achievement of four-, five-, and six-year-old children in the Yamaha Music Education System Primary One Course* (Tesis doctoral no publicada). University of Illinois, Urbana-Champaign.
- Bentley, A. (1966) *Measures of Musical Abilities*. London: Harrap.

- Bowman, J. (1984). *An investigation of two methods of preparation for college level music theory* (Tesis doctoral no publicada). University of Rochester.
- Bresler, L. (1987). *The role of the computer in a music theory classroom: Integration, barriers and learning* (Tesis doctoral no publicada). Stanford University.
- Brochard, R., Tassin, M., & Zagar, D. (2013). Got rhythm... for better and for worse. Cross-modal effects of auditory rhythm on visual word recognition. *Cognition*, 127(2), 214-219.
- Brünken, R., Plass, J. & Leutner, D. (2004) Assessment of cognitive load in multimedia learning with dual-task methodology: auditory load and modality effects. *Instructional Science*, (32) 1. 115-132.
- Chan, L., Jones, A., Scanlon, E., & Joiner, R. (2006). The use of ICT to support the development of practical music skills through acquiring keyboard skills: a classroom based study. *Computers & Education*, 46, 391–406. doi:[10.1016/j.compedu.2004.08.007](https://doi.org/10.1016/j.compedu.2004.08.007)
- Clark, R. & Mayer, R. (2016) *E-learning and the science of instruction*. New York: Wiley & Sons.
- Davies, J. & Yelland, A. (1977). Effects of two training procedures on the production of melodic contour in short-term memory for tonal sequences. *Psychology of Music*, 5(2). 3-9.
- Dickey, M. (1992). A review of research on modeling in music teaching and learning. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, 113. 27-40.
- Drake, R. (1954). *Drake Musical Aptitude Tests*. Chicago: Science Research Associates.
- Espigares, M., García, R., Tejada, J. & Rebollo, M. (2014) El discurso del profesorado de educación musical en la innovación educativa con TIC: posicionamientos en la evaluación del software Tactus. *Revista Electrónica Complutense de Investigación en Educación Musical*, 11. 1-16. doi: [10.5209/rev_RECIEM.2014.v11.43054](https://doi.org/10.5209/rev_RECIEM.2014.v11.43054)
- Fletcher, J. & Atkinson, R. (1972). Evaluation of the Stanford CAI program in initial reading. *Journal of Educational Psychology*, 63. 597-602. doi: [10.1037/h0034065](https://doi.org/10.1037/h0034065)
- Flohr, J. (2000). *A contemporary rhythm skills assessment*. Champaign, IL: Electronic Courseware Systems.
- Fraisse, P. (1976). *Psicología del ritmo*. Madrid: Morata.
- Fry, R. (1993). *Development and trial of a computer-based interactive videodisc program in a course in fundamentals of conducting*. Tesis doctoral. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Gómez, S. & Tejada, J. (2015) Discriminación de la textura musical mediante información bimodal con gráficos dinámicos. Un trabajo empírico de contraste a través de intervención docente con alumnos de ESO. *Revista Electrónica de LEEME*, 35. 51-69. Recuperado de: <http://musica.rediris.es/leeme/revista/gomez&tejada15.pdf>
- Gordon, E. (1989). *Learning sequences in music*. Chicago: G.I.A.
- Gértrudix, M. & Gértrudix, F. (2010). La utilidad de los formatos de interacción músico-visual en la enseñanza. *Comunicar*, 17. 99–107. doi: [10.3916/C34-2010-02-10](https://doi.org/10.3916/C34-2010-02-10)
- Goodwin, M. (1991). *The effectiveness of 'Titch Master' compared to traditional classroom methods in teaching sight-singing to college music students* (Tesis doctoral no publicada). University of South Florida.
- Green, G. (1990). The effects of vocal modeling on pitch-matching accuracy of elementary school children. *Journal of Research in Music Education*, 38(3), 225-231.
- Hagen, S. (2001). *The effects of computer-assisted instruction and cognitive style on sight playing among university group piano students* (Tesis doctoral no publicada). Florida State University.
- Halpern, A. & Müllensiefen, D. (2007) Effects of timbre and tempo change on memory for music. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61 (9). 1371-1384
- Hamilton, J. (1989). A

video assisted instructional program for bass drum and selected accessory percussion instruments (drum) (Tesis doctoral no publicada). University of Southern Mississippi.

Higgins, W. (1991). *The feasibility of teaching beginning applied clarinet with the microcomputer* (Tesis doctoral no publicada). Pennsylvania State University.

Holland, S. (1986). *How computers are used in the teaching of music and speculations about how artificial intelligence could be applied to radically improve the learning of compositional skills*. CITE Report 6. Recuperado de: <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED328480.pdf>

Hornbach, C. & Taggart, C. (2005). The relationship between developmental tonal aptitude and singing achievement among kindergarten, first-, second-, and third-grade students. *Journal of Research in Music Education*, 53(4), 322-331. Isaak, T. J. (1989). *The effectiveness of computerized drill and practice and bisensory input in teaching music-reading skills to elementary students* (Tesis doctoral no publicada). University of Northern Colorado.

Isler-Hamilton, E. (1990). *The effect of instructional method on handicapped students' comprehension of specific music concepts: Computer versus non-computer instruction* (Tesis doctoral no publicada). State University of New York, Buffalo.

Jacobsen, J. (1987) *Effectiveness of a computer-assisted instruction program in music fundamentals applied to instruction for elementary education majors* (Tesis doctoral no publicada). University of Northern Colorado.

King, R. (1989) *The effects of computer-assisted music instruction on achievement of seventh-grade students*. Tesis doctoral. University of Illinois at Urbana-Champaign.

Konecky, L. (1987). *A comparison of two sequences of aural interval identification drill administered to college students through computer-assisted instruction* (Tesis doctoral no publicada). University of Southern Mississippi.

Lemons, R. (1985). *The development and trial of microcomputer-assisted techniques to supplement traditional training in musical sightreading* (Tesis doctoral no publicada). University of Colorado, Boulder.

Leppla, D. (1990). *The acquisition of basic conducting skills by beginning conductors: A comparison of the effects of guided and unguided videotaped modeling*. Tesis doctoral no publicada. Ohio State University.

Lorenzo, O., Vélchez, O. & Herrera, L. (2015). Educational effectiveness analysis of the use of digital music learning objects. Comparison of digital versus non-digital teaching resources in compulsory secondary education. *Infancia y Aprendizaje: Journal for the Study of Education and Development*, 38 (2), 295-326. doi: [10.1080/02103702.2015.1016748](https://doi.org/10.1080/02103702.2015.1016748)

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

Malave, J. (1991). *A computer-assisted aural-visual approach to improve beginning students' clarinet tone* (Tesis doctoral no publicada). University of Texas at Austin.

Martenot, M. (1979). *Método Martenot. Solfeo. Formación y desarrollo musical*. Buenos Aires: Ricordi.

Mayer, R. (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press.

Mayer, R. & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning.

Educational Psychologist, 38, 43-52. doi: [10.1207/S15326985EP3801_6](https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_6)

- Mota, G. (1997). Detecting young children's musical aptitude: A comparison between standardized measures of music aptitude and ecologically valid musical performances. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, 133, 89-94.
- Nielsen, J. (1994). Heuristic evaluation. En J. Nielsen, & R. Mack (Eds.), *Usability Inspection Methods*. New York: Wiley & Sons. 25-62. Recuperado de: <http://www.sccc.premiumdw.com/readings/heuristic-evaluation-nielson.pdf>
- Orff, C. & Keetman, G. (1950). *Das Schulwerk: Musik für Kinder*. Mainz: B. Schott.
- Orts, M., Pérez-Gil, M. & Tejada, J. (2014) Efectos de los modos de presentación de información en la exactitud de la producción rítmica de estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria. *Revista Electrónica de LEEME*, 34, 36-55. Recuperado de: <http://musica.rediris.es/leeme/revista/ortsetal14.pdf>
- Ozeas, N. (1991). *The effect of the use of a computer assisted drill program on the aural skill development of students in beginning solfège*. Tesis doctoral no publicada. University of Pittsburgh.
- Parker, R. (1980). *The relative effectiveness of the TAP system in instruction in sight singing: An experimental study*. Tesis doctoral no publicada. University of Miami.
- Pérez-Gil, M. (1992). *Instrucción musical asistida por ordenador. Desarrollo y evaluación de un programa de apoyo curricular asistido por ordenador para la enseñanza de la música en la educación obligatoria*. Tesis doctoral. Universidad de Valladolid.
- Pérez-Gil, M., Tejada, J., Morant, R. & Pérez-González, A. (2015) Design and implementation of a software for the training and real-time assessment of musical intonation at music education institutions. En L. Gómez-Chova, A. López-Martínez & I. Candel (eds) *Proceedings of INTED 2015*. 2485-2493.
- Pérez-Gil, M., Tejada, J., Morant, R. & Pérez-González, A. (2016). Cantus. Construction and evaluation of a software solution for real-time vocal music training and musical intonation assessment. *Journal of Music, Technology and Education*, 9:2. 125-144. doi: [10.1386/jmte.9.2.125_1](https://doi.org/10.1386/jmte.9.2.125_1)
- Phillips, K. & Aitchison, R. (1997). The relationship of inaccurate singing to pitch discrimination and tonal aptitude among third-grade students. *Contributions to Music Education*, 24(1), 7-22.
- Platte, J. (1981). *The effects of a microcomputer-assisted instructional program on the ability of college choral ensemble members to sing melodic configurations at sight*. Tesis doctoral no publicada. Ball State University.
- Rutkowski, J. & Miller, M. (2003). The effects of teacher feedback and modeling on first graders' use of singing voice and developmental music aptitude. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, 156, 1-10.
- Seashore, C. (1957). *Seashore Measures of Musical Talent*. New York: Psychological Corporation.
- Serafine, M. L. (1979). A Measure of Meter Conservation in Music Based on Piaget's Theory. *Genetic Psychology Monographs*, 99(2), 185-229.
- Schnotz, W. (2005). An integrated model of text and picture comprehension. In R. E. Mayer (coord.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (p. 49-70). Nueva York: Cambridge University Press.

- Schnotz, W. & Kürschner, C. (2007). A reconsideration of cognitive load theory. *Educational Psychology Review*, 19, 469–508. doi: [10.1007/s10648-007-9053-4](https://doi.org/10.1007/s10648-007-9053-4)
- Shannon, D. (1982). *Aural-visual interval recognition in music instruction: A comparison of a computer-assisted approach and a traditional in-class approach*. Tesis doctoral no publicada. University of Southern California.
- Sherburn-Bly, R. (2007). Straight tone in the choral arts: A simple solution. *Choral Journal*, 47(8), 61–69.
- Soler, O. (2016) *Aprendo Música* (recurso digital). Recuperado de: <http://www.aprendomusica.com>
- Sweller, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 19-30). New York: Cambridge University Press.
- Tejada, J., García, R. Espigares, M. & Rebollo, M. A. (2013). The Emotions in Music Rhythm Training with Computers at Three Chilean Music Education Institutions. *Revista Electrónica de LEEME*, 31,107-116. Recuperado de: <http://musica.rediris.es/leeme/revista/garciaetal13.pdf>
- Tejada, J., Pérez-Gil, M. & García, R. (2010). Discere rhythmum, discere Tactus. Construcción & evaluación de un software educativo para el adiestramiento del ritmo musical. *Actas del Congreso Reinventar la Profesión Docente* (Universidad de Málaga, 8-11 de octubre de 2010),399-418. Recuperado de: <https://goo.gl/jNQGnw>
- Tejada, J., Pérez-Gil, M. & García, R. (2011) Tactus: Didactic Design and Implementation of a Pedagogically Sound Based Rhythm-Training Computer Program. *Journal of Music, Technology and Education*, 3: 2+3. 155–165. doi: [10.1386/jmte.3.2-3.155_1](https://doi.org/10.1386/jmte.3.2-3.155_1)
- Thompson, W. & Schellenberg, E. (2002). Cognitive constraints on music listening. In R. Collwell & C. Richardson (Eds.), *The new handbook of music teaching and learning* (pp. 461-486). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Tjornehoj, K. (2001). *An investigation into the use and effectiveness of video modeling of conducting for pre-service music educators*. Tesis doctoral. University of Minnesota.
- Van Merriënboer, J. & Ayres, P. (2005) Research on cognitive load theory and its design implications for e-learning. *Educational Technology Research and Development*, 53 (3). 5-13. doi: [10.1007/BF02504793](https://doi.org/10.1007/BF02504793)
- Van Rullen, R., Zoefel, B. & Ilhan, B. (2014). On the cyclic nature of perception in vision versus audition. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 369 (1641), 20130214. [10.1098/rstb.2013.0214](https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0214) Recuperado de: <http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/royptb/369/1641/20130214.full.pdf>
- Watanabe, N. (1982). *Computer-assisted music instruction: Utilizing compatible audio hardware in computer-assisted aural drill*. Tesis doctoral. University of Illinois at UrbanaChampaign.
- Webster, P. (2002). Computer-Based Technology and Music Teaching and Learning. En R. Colwell & C. Richardson (eds) *New Handbook of Research on Music Teaching and Learning*. Oxford: Oxford University Press. 416-443.
- Whiston, S. (1987). *The development of melodic concepts in elementary school age children using computer-assisted instruction as a supplemental tool*. Tesis doctoral. Ohio State University.
- Willems, E. (1966). *Educación musical*. Buenos Aires: Ricordi. Willett, B. & Netusil, A. (1989). Music computer drill and learning styles at the fourth-grade level. *Journal of Research in Music Education*, 37 (3), 219-229.

Wing, H. (1960). *Standardised Tests of Musical Intelligence*. London: National Foundation for Musical Research.

Yu, Lai, Tsai, & Chang (2010). Using a Multimodal Learning System to Support Music Instruction. *Educational Technology & Society*, 13 (3), 151–162. Recuperado de: http://www.ifets.info/journals/13_3/14.pdf

Zenatti, A. (1980). *Tests Musicaux pour Jeunes*. Paris: Editions Scientifiques et Psychologiques.

Manuscrito recibido el 20/1/2016 & evaluado anónimamente.
Aceptado para su publicación el 28/10/2016.