

# MELOMICS

## Aportaciones de la informática y la biología a la musicoterapia receptiva

Francisco J. Vico, Carlos A. Sánchez-Quintana, David D. Albarracín

Grupo de Estudios en Biomimética

Universidad de Málaga

[fjv, carlos, david]@geb.uma.es

### Resumen

Contrasta que mientras la medicina personalizada toma un mayor protagonismo, la terapia musical receptiva siga seleccionando la música de manera colectiva. Si bien la praxis en algunos hospitales permite al sujeto (paciente o personal médico-sanitario) seleccionar el género o el artista, la mayoría de los estudios publicados hablan de un tipo de música (por ejemplo, relajante o clásica) que se aplica a todos los pacientes que van a ser estimulados.

Personalizar los temas a las características del paciente complicaría extraordinariamente la realización del estudio: por un lado, la variabilidad introducida exige un mayor número de probandos y, por otro, incrementa considerablemente el tiempo y la dedicación por paciente. Y en última instancia la personalización sería un elemento subjetivo, dependiente de las preferencias del sujeto.

MELOMICS aglutina la tecnología informática necesaria para adecuar la reproducción de los temas al estado particular del paciente y a su evolución temporal, de manera automática y objetiva; permitiendo el diseño de dispositivos de biofeedback que optimizan la respuesta terapéutica.

### Abstract

It is surprising the fact that while the personalized medicine model is more and more accepted, receptive music therapy is still applied collectively. Although in some hospitals the subject (patient or health-medical staff) is allowed to select the genre or artist, most of the clinical studies that have been published report on concrete types of music (eg, relaxing or classical) that are applied to groups of patients.

Customizing songs to the patient's characteristics would make the study much more complex: on one hand, a higher variability demands a larger sample and, on the other hand, it significantly increases the time and care dedicated to every patient. In any case, customization is a subjective element which strongly depends on individual preferences.

MELOMICS integrates computer technology to adapt music interpretation to the evolution in patient's state, in an automatic and objective way, enabling the design of biofeedback devices which optimize the therapeutic response of the patient.

**Palabras Clave:** musicoterapia receptiva, música generativa, biofeedback

## **1. Introducción**

La terapia musical pertenece al campo de la medicina alternativa y complementaria. Existen dos modalidades de aplicación: activa, si el paciente interactúa con los instrumentos; y pasiva, si el paciente percibe la música interpretada. Aunque el uso de la música como recurso terapéutico es muy antiguo, hasta 1944 no se inician en Estados Unidos los primeros ensayos clínicos con carácter científico, concretamente para estudiar los efectos de estímulos auditivos sobre el organismo y las correlaciones entre ritmos musicales y procesos biológicos. Desde entonces se ha continuado investigando la influencia de la música sobre el organismo y sobre el amplio espectro de posibilidades terapéuticas que proporciona: trastornos postraumáticos (Hernández-Ruiz, 2005), demencia (Vink et al., 2004), depresión (Guétin et al., 2009), autismo (Whipple, 2004), insomnio (YaI et al., 1998; Ziv et al., 2008), apneas (Smith et al., 2009), como medicina paliativa (Bradt et al., 2010; Brauer et al., 2010), disminución de estrés y ansiedad (Wong et al., 2001; Bringman et al., 2009), neonatos con llanto inconsolable y crecimiento en prematuros (Keith et al., 2009), reducción de dolor tras procesos operatorios (Barnason et al., 1995; Nilsson et al., 2005, Nilsson et al., 2008), reducción en la administración de fármacos (Nilsson et al., 2005; Bringman et al., 2009) y en un variado conjunto de otras patologías: recuperación de facultades motoras tras ictus cerebral y traumatismos, mejorar habilidades motoras en enfermos de Parkinson, déficit de atención, parálisis cerebral, hipertensión arterial, esquizofrenia y Alzheimer.

La modalidad de terapia pasiva o receptiva, es de especial interés por su bajo coste de aplicación y por la eficacia demostrada en el tratamiento de numerosas patologías que hemos comentado. Las unidades y sistemas de musicoterapia pasiva actuales basan su funcionamiento en la selección de un conjunto de temas apropiados para la terapia, en función de la opinión del paciente y de las condiciones acústicas del entorno. Estos temas se graban en un disco compacto y se hacen sonar en un reproductor estándar que no es sensible a los cambios del estado del paciente durante la sesión, dando lugar a una comunicación en un sólo sentido entre dispositivo y paciente.

MELOMICS propone un nuevo sistema de aplicación de musicoterapia receptiva retroalimentada mediante la adaptación, en tiempo real, de un tema musical a los cambios en el estado del paciente y condiciones del entorno.

## **2. Antecedentes**

### **2.1. Estado del arte de la terapia musical**

En los últimos años la experimentación con terapia musical en salud ha crecido como muestra el aumento del número de publicaciones (Figura 1), así como la aparición de asociaciones e instituciones internacionales. Estados Unidos es uno de los países que más ha contribuido a desarrollar la terapia musical, posee planes de estudios y grupos de investigación en las principales universidades, y la existencia de unidades dedicadas a la terapia musical es habitual en los centros hospitalarios. En otros países también se han creado unidades y centros especializados, e incluso se ha experimentado llevando esta técnica a hospitales públicos.

Recientemente han surgido en España sociedades con el fin de regularla y fomentarla, e incluso se han creado estudios de grado y postgrado dedicados a la terapia musical. Además existen iniciativas para la aplicación de la terapia musical en algunos hospitales y también algunos centros de terapias alterativas donde se emplean este tipo de técnicas. Sin embargo, en todos los casos mencionados los equipos que se utilizan para la aplicación de terapia musical son poco sofisticados. Se usan instrumentos musicales para terapia activa, dispositivos de reproducción operados manualmente para terapia pasiva y el uso ocasional de sensores sobre el paciente es interpretado por un especialista para supervisar la evolución del paciente.

Pese a los esfuerzos por implantar la musicoterapia, tanto en España como en otros muchos países occidentales, la mayoría de los centros sanitarios aún carecen de unidades dedicadas a la terapia musical. Una de las razones puede estar en que no existen productos que satisfagan la demanda real de este mercado, ya que frecuentemente la unidad musicoterapéutica únicamente se sirve de una colección de discos compactos y de un reproductor.

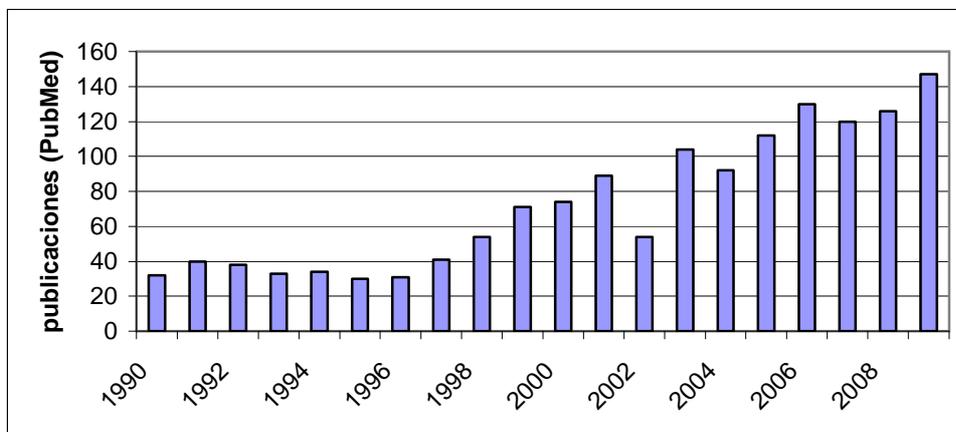


Figura 1. Número de publicaciones indexadas en *PubMed* bajo la clave “*music therapy*” en los últimos 20 años (1990 a 2009), donde se aprecia un incremento lineal desde finales de los noventa.

Muchos de los artículos de revisión sobre terapia musical en patologías concretas coinciden en que existe una evidencia preliminar de que su aplicación mejora la evolución normal de los enfermos, pero el escaso rigor de los trabajos (según la escala de *Jadad*) evita que estos resultados se traduzcan en indicaciones médicas. En efecto, la mayoría de estos ensayos no son replicables en su totalidad, en parte por la falta de datos y en parte por la dificultad de obtener los temas utilizados, que, como se ha demostrado en ocasiones (Lin et al., 2010), puede ser determinante para conseguir el efecto deseado. Disponer de un sistema dedicado a terapia musical estandarizado solucionará este problema, proporcionando al experimentador un dispositivo único para estimular al paciente.

En este contexto, los productos y servicios derivados de la tecnología desarrollada por MELOMICS pretenden crear un nuevo estándar en la forma de aplicar la terapia musical.

## 2.2. Tecnología de composición musical

La tecnología de composición musical nace de las investigaciones del Grupo de Estudios en Biomimética (GEB) de la Universidad de Málaga, dando lugar a *infinimels*, una tecnología para la generación automática de contenidos musicales con una alta calidad compositiva. Se trata de algoritmos que emplean técnicas bioinspiradas para crear temas musicales de manera generativa. Se utiliza un algoritmo evolutivo para obtener la información “genética” que determina la forma final de la composición. Este modelo de genoma artificial codifica completamente la estructura de un tema musical. Las ventajas de este sistema genético son: (1) ausencia de intervención humana en la composición musical, (2) capacidad para parametrizar la generación de temas, (3) almacenamiento óptimo de estos temas (<1KB para temas de varias horas), y (4) flexibilidad en la manipulación y control de todas las variables de composición (instrumentación, complejidad estructural, ecualización, tempo, duración y género). Las capacidades compositivas de este algoritmo generativo son superiores a las de otros métodos algorítmicos de composición, donde se usan ritmos repetitivos, fórmulas fijas y combinación de melodías preestablecidas.

El carácter evolutivo del algoritmo es lo que proporciona la variedad y complejidad compositiva. Una ventaja añadida es la posibilidad de personalizar composiciones musicales actuando sobre el genoma mediante los operadores genéticos diseñados para el proceso evolutivo. Esto significa además, que un genoma alterado accidentalmente, será interpretado como una mutación del tema musical original, con características muy similares a éste. Cualquier otro tipo de fichero musical quedaría dañado ante una alteración similar. Se han editado varios discos con los temas musicales más interesantes obtenidos y se ha atraído la atención de especialistas en terapia musical y de expertos compositores, que han mostrado un gran interés en la tecnología de generación de composición musical.

Los temas producidos por *infinimels* presentan una característica común a la música relajante en general: poseen una combinación de expectativa y simplicidad que los hacen interesantes, sin llegar a ocupar toda la atención del oyente. Esto los hace ideales para fines terapéuticos y para acompañar otras tareas. Sin embargo, la mera reproducción de un tema tiene un efecto distractor limitado (la terapia musical se basa principalmente en el fenómeno de distracción auditiva), que puede potenciarse adaptando el tema a las circunstancias particulares del paciente y su entorno. Por ejemplo, es habitual conciliar el sueño con música de fondo, pero igualmente una nota altisonante o un cambio en la melodía puede sacar del sueño, por lo que lo ideal sería que cuando el oyente comienza el tránsito al sueño la composición se reduzca el volumen de reproducción. Pero hay más parámetros musicales que pueden alterarse para favorecer este efecto. Algunos han sido ya desarrollados (patentes US20090149699A1, US20090158920 y DE3338649) y pueden aplicarse a cualquier reproductor convencional. Sin embargo otros parámetros sólo se pueden modular reinterpretando la composición musical. Así, cambios en la instrumentación de un tema sólo se pueden conseguir interpretándolo de nuevo con los instrumentos e intérpretes adecuados, o cambios en la complejidad de un tema sólo se pueden conseguir con ayuda de un compositor. *infinimels* puede modificar la estructura o instrumentación de un tema y sintetizarlo en pocos segundos sobre un ordenador convencional. Esta ventaja puede utilizarse por tanto en tiempo real para modular los aspectos más intrincados de la reproducción musical.

Todo esto nos hizo plantearnos una serie de preguntas: ¿podría utilizarse esta tecnología para crear un reproductor que fuese sensible al estado del oyente y su entorno, para adaptar la interpretación a cambios en las condiciones actuales?, ¿sería posible que un tema pudiera reducir su tempo, volumen y registro a medida que un paciente insomne empieza a conciliar el sueño o que la composición se fuese haciendo cada vez más sencilla?, ¿podría un tema adaptarse al estado que nos encontremos y conseguir distraer nuestra atención de un proceso doloroso?.

### **3. Sistema propuesto para musicoterapia receptiva**

El objetivo que se planteó al inicio del proyecto MELOMICS consiste en, a partir de los resultados ofrecidos por *infinimels* como tecnología para la generación automática de composiciones musicales, aplicar técnicas bioinspiradas para introducir la adaptabilidad en tiempo real de este método compositivo al estado del paciente. Dicho de otro modo, el funcionamiento del nuevo método de reproducción que se está desarrollando consiste en modificar y adaptar el contenido musical en tiempo real y en función del estado del paciente y de las condiciones del entorno, como se ilustra en la figura 2.

Esto permite plantear productos y servicios orientados al sector de la salud que hasta el momento no eran tecnológicamente viables. MELOMICS desarrolla dispositivos de *biofeedback* para terapia musical que se validarán en centros hospitalarios (usuarios finales) mediante un conjunto de ensayos clínicos rigurosos. Estos prototipos se usarán como sistema terapéutico en la prevención, tratamiento y rehabilitación de diversas patologías y procesos traumatológicos. La inclusión de estos productos en la práctica hospitalaria permitirá mejorar la eficacia de los tratamientos y el bienestar de los pacientes, así como un ahorro en el uso de fármacos, tanto en costes para los centros hospitalarios como en efectos secundarios no deseados para el paciente.

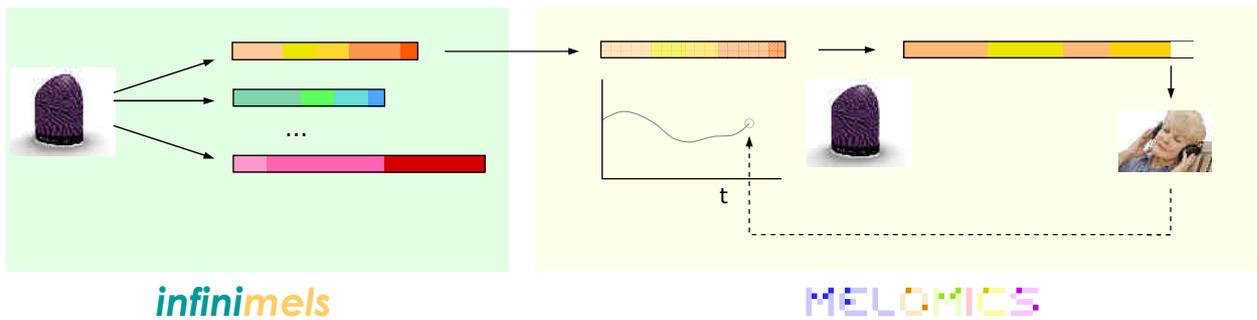


Figura 2. La tecnología *infinimels* permite generar ilimitadas composiciones musicales. MELOMICS explotará esta capacidad haciendo que las composiciones se adapten al estado del oyente, establecido en base a bioseñales.

Para el sistema propuesto por MELOMICS es fundamental caracterizar automáticamente diferentes variables fisiológicas del paciente (pulsaciones, fase de sueño, actividad cerebral, frecuencia respiratoria, etc.) para lo cuál se están utilizando diversas tecnologías aplicables en este sentido tales como pulxiosímetros, banda respiratorias, medidores de actividad cerebral y técnicas de caracterización del sueño. Estas tecnologías se han adaptado para su uso en un amplio programa de ensayos clínicos que se están llevando a cabo actualmente para validar la tecnología. La publicación de estos ensayos en revistas de impacto, dotará a la tecnología y productos derivados de MELOMICS de un nivel de rigor científico escaso hasta ahora en este tipo de terapias. La creación de un sitio web (*infinimels.com*) que actúe como repositorio de los temas utilizados en estos ensayos y de compilaciones orientadas a tipos de patologías y de pacientes concretos, será otra contribución en este sentido, y proveerá al musicoterapeuta con una herramienta que actualmente no es viable debido a los derechos de autor de la música comercial.

MELOMICS pretende crear un nuevo estándar en la forma de aplicar la terapia musical que establezca las diferencias con respecto al sistema tradicional usado en terapia musical en el que la comunicación se produce sólo en el sentido dispositivo-paciente no existiendo retroalimentación (Figura 3).

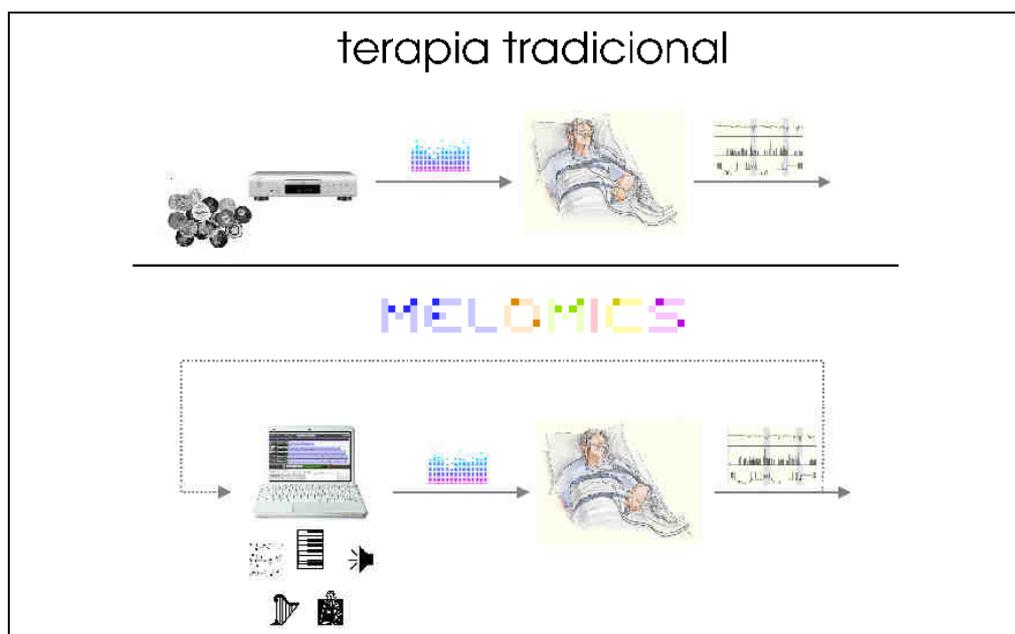


Figura 3. Diferencia entre el sistema de terapia musical pasiva tradicional y el nuevo sistema retroalimentado propuesto por MELOMICS.

La filosofía de funcionamiento que sigue el nuevo sistema planteado es la siguiente: en la primera sesión, el terapeuta creará un historial de terapia introduciendo datos sobre el paciente (edad, género, procedencia, patologías anteriores o patología actual). Durante las sesiones de terapia, el sistema modulará automáticamente los parámetros de estimulación, de forma que el paciente recibe en todo momento un estímulo personalizado y adaptado en tiempo real. El objetivo final es crear una terapia más eficiente al proporcionar estímulos adaptados a las condiciones particulares del paciente, con la ventaja añadida de que funciona de manera automática y su coste de mantenimiento es prácticamente nulo.

Para cubrir satisfactoriamente las necesidades de cómputo masivo generadas por la investigación puesta en marcha se ha diseñado y configurado un cluster de computación distribuida denominado PINK NOISE que será el núcleo generador de contenidos musicales. Asimismo se está desarrollando una plataforma web como medio de distribución de contenidos musicales y como complemento a los servicios desarrollados en este proyecto.

El proyecto MELOMICS está financiado por el subprograma INNPACTO, encuadrado dentro del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica del Ministerio de Ciencia e Innovación. En este proyecto participan importantes empresas, organismos de investigación, fundaciones y centros tecnológicos, estando la participación de la Universidad de Málaga liderada por el grupo de investigación que ha desarrollado la tecnología *infinimels*. El consorcio de entidades que llevan a cabo el proyecto conforma un equipo multidisciplinar compuesto por ingenieros informáticos, matemáticos, médicos, musicoterapeutas y compositores pertenecientes a las áreas de la inteligencia computacional, biotecnología, neurociencia, biomedicina y terapia.

#### **4. Aplicaciones de la tecnología derivada de MELOMICS**

Como se ha comentado anteriormente, la tecnología que se está desarrollando en MELOMICS está enfocada al diseño posterior de una gama de productos y servicios que implante el novedoso sistema de terapia musical retroalimentada propuesto. La fase de producción será relativamente corta y de bajo riesgo debido a que la tecnología habrá sido validada por usuarios finales y en escenarios reales. Por otra parte, la implementabilidad de esta gama de productos y servicios será sencilla pues consiste en una integración tecnológica de equipamiento informático y dispositivos de reproducción de música, de bajo coste y producidos masivamente por proveedores de todo el mundo.

Previamente al inicio del proyecto MELOMICS se ha realizado un extenso estudio de mercado en el que se ha determinado que los productos que se diseñan tendrán una gran acogida en el sector sanitario debido a la escasa competencia existente para el nuevo sistema de terapia musical propuesto.

En el sector sanitario se han identificado la posible materialización de la tecnología en tres productos principales en función de su ámbito de aplicación, que se presentan resumidos en la Figura 4.

##### **4.1. MELOMICS@hospital**

Se trata de un sistema de terapia musical orientado a centros hospitalarios. Se usará como sistema médico complementario o alternativo en la prevención, tratamiento y rehabilitación de diversas patologías y procesos traumatológicos. El objetivo perseguido es aumentar la calidad de los tratamientos y el bienestar de los pacientes y un ahorro en el uso de fármacos, tanto en costes para los centros hospitalarios como en efectos secundarios no deseados para el paciente. Este sistema estará compuesto por dos módulos:

## Nodo central

Realiza la gestión de todo el sistema de terapia. Estará conectado a las unidades de carga para los dispensadores de terapia. Las unidades de carga proporcionan realimentación a la batería de los dispensadores y conectan a éstos con el sistema central, para la carga y descarga de datos. El nodo central incluirá dispositivos de almacenamiento masivo para guardar historiales, temas musicales y datos estadísticos y de aprendizaje; una unidad de cómputo que ejecutará el algoritmo de composición y los algoritmos de aprendizaje; dispositivos de interfaz de usuario. La interfaz de los dispositivos es de tipo táctil y proporcionan a los terapeutas el acceso a datos del sistema y a la configuración de terapias.

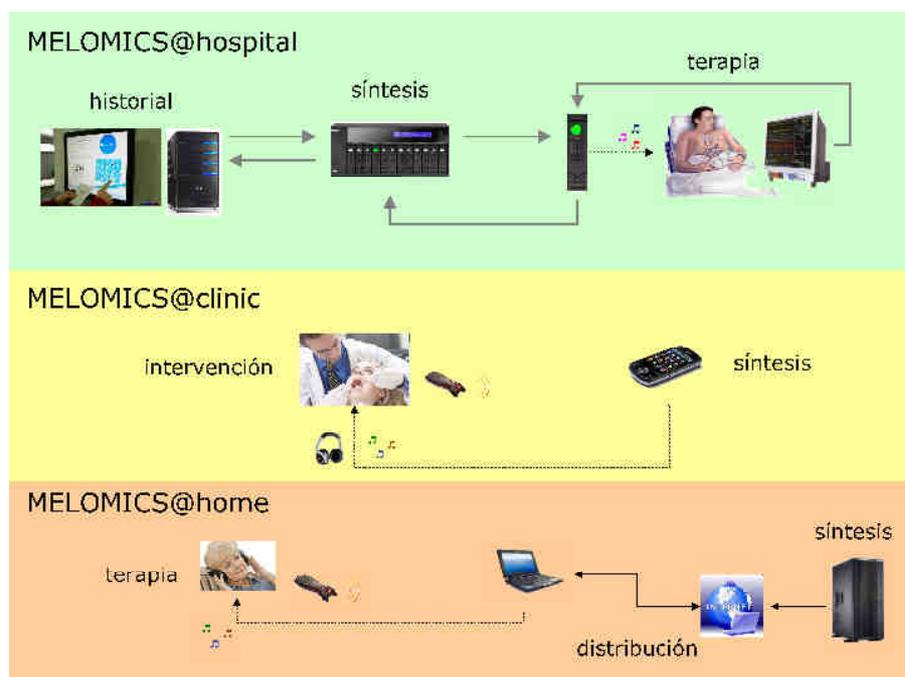


Figura 4. Gama de productos propuestos para la generación de composiciones musicales aplicadas a terapia musical.

## Dispositivos dispensadores

El instrumento para hacer llegar la terapia al paciente en el sistema hospitalario consiste en un dispositivo portátil que incluye: interfaz con el dispositivo sensor de bioseñales del paciente y los dispositivos de medición del entorno (luminosidad, ruido, etc); unidad de cómputo para, en tiempo real, procesar las señales, caracterizar el estado del paciente, manipular el desarrollo de los genes musicales y sintetizar el estímulo musical adaptado; unidad de almacenamiento conteniendo los genes musicales iniciales para la sesión de terapia, datos estadísticos sobre la sesión de terapia y el contenido musical sintetizado en reproducción; según terapia, controles de reproducción utilizables por el paciente; según terapia, auriculares o pequeños altavoces; unidades de batería para alimentar los dispositivos; interfaz de carga para la batería; interfaz de datos para la carga y descarga de datos en el dispositivo.

### 4.2. MELOMICS@clinic

Este sistema estaría orientado a clínicas y otros centros sanitarios menores donde se practican intervenciones médicas que provocan generalmente un estado de ansiedad o estrés en los pacientes, por ejemplo clínicas odontológicas, oftalmológicas o dermatológicas.

MELOMICS@clinic funcionaría de forma realimentada detectando el estado de ansiedad del paciente y guiándolo hacia uno de mayor relajación a través de estímulos musicales. El sistema

también sería capaz de detectar el nivel de ruido del entorno y adaptar dinámicamente el volumen de la música para aislar al paciente de la intervención a la que esté siendo sometido. El objetivo sería maximizar la calidad del servicio y bienestar del paciente proporcionados por la clínica mediante la inserción de este componente tecnológico. El sistema móvil también sería utilizable en salas de espera y quirófanos de hospitales en caso de no disponer del sistema de terapia hospitalario, que sería capaz de proporcionar este servicio.

MELOMICS@*clinic* haría uso de la tecnología de *smartphones*, dispositivos de telefonía móvil con gran capacidad de cálculo y memoria, interfaces de conexión, paquete de desarrollo de aplicaciones, y facilidad de uso. La aplicación móvil podría identificar el estado de ansiedad del paciente en base a su frecuencia cardíaca y una versión especializada del algoritmo de generación y síntesis de contenido musical. La aplicación gestionaría el historial de terapia de cada paciente y dispondría de una interfaz gráfica táctil para el registro y gestión del paciente, configuración de la terapia y controles de reproducción simplificados que permiten al paciente desechar los temas que menos le agradan.

MELOMICS@*clinic* se distribuirá en un paquete conteniendo el *smartphone* con la aplicación de terapia instalada, genomas musicales almacenados en una tarjeta de memoria insertable en el dispositivo (las memorias de estado sólido actuales poseen capacidades superiores a 32GB, suficiente para almacenar decenas de millones de genomas musicales), auriculares, dispositivo sensor e instrucciones de uso.

Para utilizar MELOMICS@*clinic*, el personal de la clínica configurará el dispositivo móvil seleccionando el historial del paciente y le proporcionará el dispositivo y los periféricos. El paciente podrá hacer uso del sistema móvil posiblemente desde la sala de espera y durante la intervención médica. El paciente sólo tendrá acceso en todo momento a los controles de reproducción simplificados con el fin de favorecer la inmersión en la terapia y para evitar el acceso a historiales de otros pacientes y otros datos no autorizados.

La plataforma web de MELOMICS poseerá un área para clientes del sistema móvil que permita la descarga de nuevos genomas musicales y la recopilación de estadísticas de uso de estos sistemas.

### **4.3. MELOMICS@home**

Este sistema está pensado para hacer llegar el sistema de terapia musical propuesto al hogar del usuario y éste pueda recibir terapia de manera domiciliaria. Este sistema incluye una versión online del sistema de terapia hospitalario y dos versiones del sistema de terapia móvil. Se creará un área en el sitio web de MELOMICS para clientes del sistema doméstico donde se podrán adquirir los productos y se proporcionarán otros servicios.

Este sistema doméstico dispondrá de las siguientes variantes:

#### **Terapia domiciliaria**

Se desarrollará un sistema de terapia musical para satisfacer a los usuarios que deseen terapias de prevención, tratamiento y rehabilitación similares a las proporcionadas en un centro hospitalario.

El usuario accederá y configurará el sistema a través de una interfaz web y las terapias se ejecutarán online. El usuario contratará el servicio y recibirá los dispositivos sensores, según la terapia solicitada. Las instrucciones de la terapia se proporcionarán en la web y la terapia se aplicará a través de unos auriculares recomendados.

#### **Sistema móvil doméstico**

Pensado para usuarios que desean terapia musical contra el estrés y la ansiedad en su domicilio. Se proponen dos variantes para este sistema: equipo para *smartphones* compatibles o equipo completo.

La primera variante está pensada como una alternativa económica para usuarios que ya disponen de un *smartphone* con capacidades suficientes para ejecutar los programas del sistema móvil estándar. Al usuario se le proporciona el dispositivo sensor a conectar a su *smartphone* y acceso a la zona web de clientes domésticos para la descarga de la aplicación, descarga de genomas musicales e instrucciones para la instalación de la aplicación en su dispositivo y la configuración de las terapias. La segunda variante es similar al sistema móvil estándar. Se simplifica el interfaz de usuario para adaptarlo a las necesidades domésticas y para facilitar el uso del dispositivo a personas mayores. No será necesaria una conexión a internet para su funcionamiento.

## **5. Conclusiones y discusiones**

MELOMICS propone una metodología novedosa en la aplicación de musicoterapia receptiva. Cuatro son las características que diferencian el sistema propuesto:

1. Generación de contenidos musicales adaptados en tiempo real al estado fisiológico del paciente mediante el uso de un diseño basado en feedback, estableciendo una comunicación en ambos sentidos entre paciente y dispositivo. De esta forma, el paciente recibe en todo momento estímulos musicales completamente adaptados a su estado: seleccionando volumen, tono, esquema musical, instrumentación y ritmo. Este sistema representa una gran diferencia con respecto al sistema tradicional usado en terapia musical en el que la comunicación se produce sólo en el sentido dispositivo-paciente no existiendo retroalimentación.
2. Sus aplicaciones se materializan en productos y servicios destinados a grandes hospitales, clínicas privadas y uso domiciliario.
3. Disminución de los costes asociados al uso de terapia musical en el tratamiento de trastornos debido a la reducción de costes de producción (principalmente derechos de autor y costes de difusión).
4. Su orientación hacia terapia musical en hospitales y otros centros sanitarios proporciona la facilidad de realizar ensayos clínicos con pacientes supervisados por especialistas, lo que favorece enormemente la investigación clínica.

La rama de la inteligencia artificial denominada inteligencia computacional que es la base de la tecnología desarrollada en MELOMICS está aportando, a través de sus diferentes técnicas, soluciones novedosas en una gama amplia de problemas. En este caso se ha presentado la aplicación de esta tecnología a la creación de un nuevo paradigma de musicoterapia receptiva. Sin embargo, su aplicación se podría extender a campos tan diversos como el ocio digital, el turismo, el deporte o la composición musical.

## **Agradecimientos**

Este trabajo está financiado por el proyecto IPT-300000-2010-010 (programa INNPACTO del Plan Nacional de Investigación, Ministerio de Ciencia e Innovación) y las entidades iSOFT Sanidad SA, Brain Dynamics SL, Grupo Viamed y CITIC. Agradecemos también la colaboración de la Universidad de Granada, Fundación IDIBAPS, Universidad de Cádiz, Conservatorio Superior de Música del País Vasco, Fundación del Hospital Ramón y Cajal, Hospital Montecanal y Fundación MD Anderson.

## Referencias

- Barnason, S., Zimmerman, L., Nieveen, J. (1995). The effects of music interventions on anxiety in the patient after coronary artery bypass grafting. *Heart & lung : the journal of critical care*, 24(2), pp. 124-132.
- Bradt, J., Dileo, C. (2010). Music therapy for end-of-life care. *Cochrane database of systematic reviews (Online)*, No. 1.
- Brauer, J. A., El Sehamy, A., Metz, J. M., Mao, J. J. (2010). Complementary and alternative medicine and supportive care at leading cancer centers: a systematic analysis of websites. *Journal of alternative and complementary medicine (New York, N.Y.)*, 16(2), pp. 183-186.
- Bringman, H., Giesecke, K., Thörne, A., Bringman, S. (2009). Relaxing music as pre-medication before surgery: a randomised controlled trial. *Acta anaesthesiologica Scandinavica*, 53(6), pp. 759-764.
- Guétin, S., Soua, B., Voiriot, G., Picot, M. C., Hérisson C. (2009). The effect of music therapy on mood and anxiety–depression: An observational study in institutionalised patients with traumatic brain injury. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 52(1), pp. 30-40.
- Hernández-Ruiz, E. (2005). Effect of music therapy on the anxiety levels and sleep patterns of abused women in shelters. *Journal of music Therapy*, 18(2), pp. 140-158.
- Keith, D. R., Russell, K., Weaver, B. S. (2009). The effects of music listening on inconsolable crying in premature infants. *Journal of music therapy*, 46(3), pp. 191-203.
- Lin, L., Lee, W., Wu, H., Tsai, C., Wei, R., Jong, Y., and Yang, R. (2010). Mozart k.448 and epileptiform discharges: Effect of ratio of lower to higher harmonics. *Epilepsy research* 89(2-3):238-45.
- Nilsson, U., Unosson, M., Rawal, N. (2005). Stress reduction and analgesia in patients exposed to calming music postoperatively: a randomized controlled trial. *European journal of anaesthesiology*, 22(2), pp. 96-102.
- Nilsson, U. (2008). The anxiety- and pain-reducing effects of music interventions: a systematic review. *AORN journal*, 87(4), pp. 780-807.
- Smith, C. E., Dautz, E., Clements, F., Werkowitch, M., Whitman, R. (2009). Patient education combined in a music and habit-forming intervention for adherence to continuous positive airway (CPAP) prescribed for sleep apnea. *Patient education and counseling*, 74(2), pp. 184-190.
- Vink, A. C., Birks, J. S., Bruinsma, M. S., Scholten R. J. (2004). Music therapy for people with dementia. *Cochrane database of systematic reviews (Online)*, No. 3.
- Whipple, J. (2004). Music in Intervention for Children and Adolescents with Autism: A Meta-Analysis. *Journal of Music Therapy*, 41(2), pp. 90-106.
- Wong, H. L., Lopez-Nahas, V., Molassiotis, A. (2001). Effects of music therapy on anxiety in ventilator-dependent patients. *Heart & lung: the journal of critical care*, 30(5), pp. 376-387.
- YaI, L. (1998). "Brain music" in the treatment of patients with insomnia. *Neuroscience and behavioral physiology*, 28(3), pp. 330-335.
- Ziv, N., Rotem, T., Arnon, Z., Haimov, I. (2008). The effect of music relaxation versus progressive muscular relaxation on insomnia in older people and their relationship to personality traits. *Journal of music therapy*, 45(3), pp. 360-380.