

LA MÚSICA POR COMPUTADORA

Federico Miyara

1. INTRODUCCIÓN

La creación y ejecución automática de música ha sido un anhelo del hombre desde tiempos muy antiguos. El medio “natural” para crear y controlar sonidos disponible al ser humano es, desde luego, la propia voz, pero ya desde los albores de la música conocida se construyeron y utilizaron instrumentos musicales tales como las liras, aulos, arpas, trompetas, etc. ([1], p. 867), que ofrecían nuevas posibilidades: variedad de timbres, una mayor facilidad de producción de sonidos, mayor agilidad de ejecución y mayor extensión, ampliando así los recursos sonoros disponibles. Más adelante, la introducción de los instrumentos de teclado cerca del siglo XIII ([1], p. 1230) permitió un avance notable en cuanto a la homogeneidad en el control del sonido, y a la extensión o tesitura de los instrumentos. Por otra parte, ya en el siglo X ([1], p. 958) existían órganos en los cuales cada nota se obtenía por superposición de varios armónicos, permitiendo una auténtica síntesis aditiva de sonidos, lo cual hacía posible la obtención de una gran variedad de timbres en un solo instrumento.

Con respecto a la ejecución automática, las primeras experiencias conocidas datan del siglo XIV, en el cual se aplicaron mecanismos de relojería para tañer mecánicamente las campanas que marcaban la hora ([1], p. 1101). También se describe un virginal mecánico en Inglaterra del siglo XVI, y a fines del mismo siglo, ya se construían órganos mecánicos basados en cilindros con púas, el mismo principio de las cajitas de música, que datan del final del siglo XVIII. Compositores como Handel, Haydn, Mozart y Beethoven, entre otros, se interesaron en diversas épocas por este tipo de instrumentos, escribiendo o adaptando obras para ser ejecutadas por los mismos. A partir del siglo XIX se describen mecanismos cada vez más complejos, capaces de ejecutar flautas, clarinetes, violines, y hasta orquestas sinfónicas completas. La pianola de rollo de papel perforado es uno de estos instrumentos que ha tenido gran difusión en este siglo.

La composición mecánica también data de varios siglos atrás ([1], p. 318). En 1650 se describe una máquina para componer que aún se conserva en el Museo Pepys, del Magdalene College de Cambridge. En 1824 el holandés Winkel presentó en París una máquina que a partir de un tema variado era capaz de ejecutar por artificios combinatorios una cantidad muy elevada de variaciones. Mozart, Karl Philip Emmanuel Bach, Haydn, y Clementi, propusieron métodos para componer música danzable utilizando dados, en general basados en combinaciones aleatorias de fragmentos preconcebidos. Sin embargo, ninguno de todos estos métodos y mecanismos permitía producir música de verdadero valor artístico.

Ya en este siglo, dos grandes avances técnicos permitieron dar un vuelco definitivo a la automatización de la generación de sonidos, de su organización (composición) y de su ejecución: los sintetizadores electrónicos y las computadoras digitales. Los primeros sintetizadores datan de las primeras décadas del siglo XX, y las primeras computadoras de mediados de siglo. Así, en 1955 la computadora ILLIAC, adecuadamente programada, compuso una pieza a dos voces según las reglas del

contrapunto modal de Palestrina. Hacia los años 70, comenzaron a hacerse más frecuentes los sintetizadores digitales, verdaderas computadoras dedicadas a la producción de sonido, y a principios de la década del 80 se hizo evidente la necesidad de una norma que permitiera la comunicación autónoma de los instrumentos musicales entre sí y con una computadora. Esta necesidad condujo finalmente a la creación de la norma MIDI (Musical Instrument Digital Interface, o Interfaz Digital para Instrumentos Musicales), hoy universalmente adoptada [2].

Con estos adelantos tecnológicos y con el abaratamiento sistemático y paulatino de los productos electrónicos de todas clases, se hizo cada vez más accesible a cualquier músico la posibilidad de producir y ejecutar su propia música con mayor o menor grado de automatización. Así, con programas denominados secuenciadores es posible comandar desde una computadora los sonidos generados por un sintetizador, agregando si se desea diversos matices de expresión, de modo de lograr una interpretación con características “humanas”. También existen programas que permiten realizar armonizaciones y arreglos instrumentales completos sobre la base de una melodía dada, y que, por consiguiente, en cierta medida, automatizan algunos de los procesos vinculados con la composición.

Si bien gran parte de la música denominada popular se realiza hoy en día de esta manera, creemos que las posibilidades de la interacción entre seres humanos, instrumentos musicales y computadoras no se limitan a esto, a pesar de lo cual son generalmente desaprovechadas (con la posible excepción de algunos grupos académicos muy minoritarios). En lo que sigue nos proponemos exponer algunas de las posibilidades actuales y futuras de la música por computadora.

2. SINTETIZADORES

El sintetizador de sonidos se puede definir como un dispositivo capaz de generar sintéticamente sonidos de diversos tipos, tanto sonidos que evocan sonidos naturales (o de instrumentos musicales acústicos) como sonidos totalmente novedosos.¹ Hay dos técnicas para la síntesis electrónica de sonidos: la analógica y la digital. En la síntesis analógica, se genera una señal eléctrica cuya evolución en el tiempo es esencialmente la misma que la de la señal acústica deseada, requiriéndose sólo un altavoz (parlante) como traductor. En la síntesis digital (de dígito, es decir, número), en cambio, se generan números que representan dicha evolución en el tiempo, y hace falta intercalar un conversor digital-analógico para transformar dichos números en una señal analógica a enviar al altavoz.

Hoy en día los sintetizadores analógicos han sido casi totalmente desplazados por los digitales, cuya tecnología es más compleja pero también más potente.

Existen básicamente dos enfoques para generar formas de onda digitalmente. En el primero se genera una sucesión de números por medio de algún algoritmo matemático.² Estos números corresponden a los sucesivos valores instantáneos de la señal eléctrica que luego irá a un altavoz para transformarse en sonido. El algoritmo puede ser una fórmula matemática abstracta, o también puede ser el modelo fisico-matemático de un instrumento a simular (existente o totalmente nuevo).

¹ Si bien existen en el mercado multitud de instrumentos electrónicos, en general se reserva el nombre de “sintetizador” para aquellos que permiten una modificación sustancial del timbre generado, de modo de obtener sonidos nuevos. En este sentido, los llamados órganos electrónicos, que poseen cierto número de timbres predeterminados, no son propiamente sintetizadores.

² Un algoritmo es una serie de instrucciones cuya aplicación sistemática conduce a la solución de un problema. En este caso el problema es la síntesis de ondas sonoras.

En el segundo enfoque, los números se leen de una tabla previamente almacenada en una memoria, Esta técnica se conoce como “wave table” (tabla de onda). La tabla utilizada pudo haberse generado a su vez con un algoritmo, o con un proceso llamado “muestreo” (sampling) aplicado a alguna señal analógica como podría ser un sonido real tomado por un micrófono. El proceso de muestreo consiste sencillamente en tomar muestras a intervalos de tiempo regulares del valor instantáneo de la señal, y transformar cada muestra en un número mediante un conversor analógico/digital.

El primer enfoque permite obtener sonidos totalmente sintéticos (aunque luego muchas veces se busque simular instrumentos acústicos reales). Es el caso de la síntesis por frecuencia modulada (FM) y de la síntesis aditiva, Los mayores inconvenientes de este enfoque son la gran capacidad de cálculo requerida, especialmente en lo que se refiere a velocidad y precisión, y la dificultad para lograr buenas imitaciones de instrumentos reales.

El segundo enfoque permite la utilización de sonidos reales como “materia prima” sonora (que luego podrán eventualmente modificarse o editarse), pero requiere una gran cantidad de memoria. La mayoría de los sintetizadores del mercado actual se basan en este enfoque, ya que sin dejar de lado poderosas opciones de edición del sonido (modificación de sus diversas características) permite simular con realismo asombroso los instrumentos acústicos tradicionales, precisamente porque es posible almacenar sus sonidos en forma directa, como si se tratara de una grabación en disco compacto. El requisito de memoria va siendo superado con el avance de la tecnología, a medida que crece la densidad de integración de los chips.

2.1. CONTROL DEL SINTETIZADOR

Para fines musicales, es necesario poder controlar el momento en que comienza el sonido a sintetizar, el momento en que termina y algunas otras características del sonido, como su intensidad. Hay varias formas de ejercer este control, que caen en dos grandes categorías: el control manual, y el automático. El control manual se lleva a cabo en la generalidad de los casos a través de un teclado, y menos frecuentemente por medio de otros dispositivos que semejan instrumentos acústicos, como guitarras, o instrumentos de viento. Estos controladores, cada vez que son accionados por un ejecutante humano envían en realidad datos sobre la frecuencia, amplitud, etc. del sonido al sintetizador, Los datos están codificados de acuerdo a la norma de comunicaciones MIDI, cuyas posibilidades se verán más adelante.

El control automático se realiza por medio de dispositivos denominados secuenciadores (sequencers), que se encargan de enviar al sintetizador datos almacenados previamente en la memoria (también con el formato MIDI). Hay dos tipos de secuenciadores: equipos de aplicación específica, es decir, con hardware y software³ especialmente concebidos para este fin, y computadoras de uso general dotadas de una interfaz MIDI y un programa adecuado, también denominado secuenciador.

Muchos sintetizadores vienen equipados con sus propios secuenciadores que permiten, por ejemplo, almacenar en una memoria los datos correspondientes a una ejecución, que luego pueden ser utilizados para reproducir dicha ejecución automáticamente. Sin embargo, en general la capacidad de memoria de que disponen es relativamente pequeña, a diferencia de lo que sucede con las computadoras personales de uso general (PCs), que poseen memoria en abundancia.

³ En la terminología de computadoras “hardware” se refiere a los dispositivos físicos, y “software” a los programas que permiten controlar dichos dispositivos.

2.2. POSIBILIDADES DE LOS SINTETIZADORES

La primera característica importante de los sintetizadores actuales es la de tener bancos de sonidos predefinidos que pueden contener varios cientos de sonidos listos para usar. La norma General MIDI, un estándar vinculado con MIDI al cual se adhieren numerosos fabricantes, reconoce 128 timbres básicos que corresponden a diversos instrumentos de uso común, entre los que se encuentran todos los instrumentos de la orquesta sinfónica y otras formaciones instrumentales, así como instrumentos de diversos orígenes étnicos. Los instrumentos de precio mediano a alto permiten, además, incorporar una variedad ilimitada de sonidos muestreados y almacenados en diskettes o cartuchos de memoria intercambiables, lo cual brinda la posibilidad de disponer de sonidos de gran calidad y diversidad. Es posible, por ejemplo, disponer de sonidos correspondientes a pianos o violines de distintas marcas, y con la calidad sonora de diversos artistas de renombre.

La segunda característica distintiva de los sintetizadores es la posibilidad de editar el sonido, es decir, modificar una o más de sus cualidades. Si bien una descripción exhaustiva de los recursos de edición escapa al propósito de este trabajo, es interesante mencionar y comentar algunos de ellas.

¿Qué es lo que diferencia los distintos sonidos entre sí? Hay tres cualidades básicas: la altura, la intensidad y el timbre. La altura es lo que permite distinguir los diversos sonidos de un mismo instrumento y clasificarlos en graves y agudos. Físicamente está relacionada con la frecuencia del sonido, es decir, la cantidad de vibraciones por segundo. La intensidad se refiere a la potencia, fuerza o volumen del sonido, es decir, la cualidad por la cual se distinguen los sonidos suaves de los fuertes. Finalmente, el timbre es el conjunto de características que permiten discriminar entre los diversos instrumentos. Es la cualidad más compleja del sonido, ya que involucra diversas propiedades físicas.

A lo anterior se agrega la ambientación del sonido. Dos sonidos originados de la misma manera por dos fuentes idénticas, pueden sonar diferentes según la ambientación que se les dé. Así, no es lo mismo el sonido en una pequeña sala hogareña que en un teatro. También será distinto si el sonido procede de una ubicación o de otra, si se desplaza o si experimenta un eco.

A continuación expondremos algunas de las posibilidades de edición relativas a cada uno de estos aspectos del sonido.

2.2.1. ALTURA

Los sintetizadores permiten varios recursos en relación con la altura. El primero de ellos es la posibilidad de afinación con gran precisión, lo cual permite la utilización simultánea de varios instrumentos, sean éstos acústicos o electrónicos, en una pieza de música. El segundo recurso consiste en la posibilidad de seleccionar diversos tipos de escalas. La mayor parte de la música occidental utiliza la escala temperada⁴ vigente desde el siglo XVIII. Sin embargo, la música anterior a ese periodo, así como mucha música étnica, requiere otros tipos de escalas. Asimismo, en este siglo se han utilizado escalas microtonales, como las escalas por tercios y cuartos de tono, y otras en las que los sonidos de la escala deben distribuirse no uniformemente. En todos estos casos resulta útil poder seleccionar distintas escalas.

⁴ En la escala temperada la octava se divide en 12 intervalos iguales, llamados semitonos.

2.2.2. INTENSIDAD

La intensidad de los sonidos se puede controlar de tres maneras en los sintetizadores. La primera es por medio de un control de volumen global que puede accionarse mediante un pedal, y también mediante un adecuado mensaje MIDI. La segunda manera es a través de un parámetro llamado “velocidad” (en inglés, velocity) que acompaña a cada orden de ejecutar una nota. En el caso de que la orden sea dada desde un teclado controlador dicho parámetro corresponde precisamente a la velocidad con que se baja la tecla respectiva, pero dicha orden puede ser enviada también en forma de mensaje MIDI desde algún otro tipo de controlador, o desde una computadora. La tercera forma de control de la intensidad es a través del denominado “seguimiento de altura” (keyboard tracking). Consiste en la posibilidad de regular la intensidad de cada nota en función de su altura (o posición en el teclado). Esto permite emular características dinámicas propias de cada instrumento. Por ejemplo, los sonidos graves de la flauta son débiles, mientras que los del oboe son intensos.

2.2.3. TIMBRE

En el timbre de un sonido intervienen varios factores, entre los cuales pueden citarse el contenido armónico y las envolventes. El contenido armónico es la proporción relativa entre los diversos sonidos simples (o sinusoidales) que constituyen un sonido complejo⁵ (5). Las envolventes son la forma en que varían distintas características físicas del sonido desde que el mismo empieza hasta que termina. Una de estas características es la intensidad. Por ejemplo, el sonido de un piano es muy intenso en el instante inicial (cuando el martillo golpea la cuerda) y luego se va apagando lentamente hasta que se suelta la tecla, instante en que el sonido se extingue. El sonido de una flauta, en cambio, tiene un crecimiento más gradual y luego se mantiene casi constante hasta que se deja de soplar. Se han realizado experimentos que muestran que si a un sonido se le modifica sólo la envolvente (manteniendo constante el contenido armónico) el sonido se desvirtúa por completo, tornándose irreconocible.

2.2.4. AMBIENTACIÓN Y EFECTOS

Muchos sintetizadores cuentan con los denominados “procesadores de efectos”. Un efecto es cualquier modificación del sonido que tienda a darle mayor realce o realismo. Algunos ejemplos son los generadores de reverberación, que permiten simular diversos ambientes acústicos, el coro (chorus), que permite expandir el sonido como si fuera generado por varios instrumentos iguales (como las voces de un coro), y el retardo (delay), que posibilita simular ecos.

3. COMPUTADORAS

Las computadoras son dispositivos que constan de una parte física, o hardware, constituida por un procesador central, memoria y periféricos⁶, y un conjunto de

⁵ La sinusoide es la forma más simple que puede adoptar una oscilación o vibración, y corresponde a la forma en que oscila un péndulo. Cualquier otra vibración puede considerarse como formada por una cierta cantidad de sinusoides de diversas frecuencias.

⁶ El procesador, o unidad central de proceso, es la parte encargada de realizar las diversas operaciones. La memoria sirve para guardar los programas y los datos. Los periféricos son dispositivos que permiten o bien almacenar datos y programas en forma permanente, como las unidades de disco, o

programas, o software, que estipulan qué secuencia de operaciones deben realizar los diversos componentes del hardware.

En el caso de las computadoras aplicadas a la música, existen dos enfoques. El primero consiste en dotar a la computadora de un periférico (habitualmente denominado placa, plaqueta o tarjeta de sonido) que básicamente realiza la conversión digital/analógica, es decir que convierte los números que la computadora le va proporcionando en señales eléctricas analógicas, aplicables directamente a un altavoz. Los números que entrega la computadora pueden ser el resultado a su vez de la aplicación de un algoritmo o proceso de cálculo en tiempo real,⁷ lo cual requiere una gran velocidad de cálculo, o bien pueden ser extraídos de la memoria, en donde se encuentran guardados en la forma de un “archivo de sonido” (por ejemplo en formato WAV). Este archivo, desde luego, debió ser generado previamente, es decir, en tiempo diferido,⁸ ya sea mediante una serie de cálculos siguiendo determinado algoritmo, o por muestreo de un sonido real (las placas de sonido también permiten la grabación digital de sonidos, es decir, la conversión analógico/digital).

El segundo enfoque para la música por computadora consiste en utilizar un sintetizador y controlarlo desde la computadora por medio de mensajes MIDI. Igual que en el primer caso, los mensajes MIDI pueden ser generados en tiempo real, mediante algún algoritmo (lo cual sucede por ejemplo en programas de improvisación), o en tiempo diferido, extrayendo los mensajes MIDI de un “archivo MIDI” (por ejemplo en formato MID). Este archivo MIDI debe ser generado con antelación a su uso, y nuevamente cabe la posibilidad de generarlo mediante un algoritmo, o memorizando los mensajes MIDI generados durante la ejecución en tiempo real por medio de un controlador MIDI.

En el primer enfoque, por consiguiente, la computadora construye el sonido, es decir que crea literalmente la forma de onda del mismo (salvo la traducción final digital/analógica). En el segundo enfoque, en cambio, sólo transmite órdenes a un dispositivo externo, el sintetizador, y es éste quien construye el sonido, siguiendo las instrucciones de la computadora, a partir de sus propios algoritmos o de sus propias tablas de formas de onda. La velocidad de cómputo requerida para enviar los mensajes, y aún para generar los algorítmicamente, es muchísimo menor que para general directamente el sonido.

4. ENTORNO MIDI

Las siglas MIDI no representan únicamente la norma de comunicación entre instrumentos y computadoras, sino que su sentido se ha ampliado. Se habla así de instrumentos MIDI, interfaces MIDI, controladores MIDI, cables MIDI, archivos MIDI, programación MIDI, etc. Hasta podría hablarse de una filosofía MIDI.

Pero ¿qué es, específicamente, lo que permite hacer MIDI? En primer lugar permite intercambiar una serie de mensajes. Hay tres rutas que pueden seguir los mensajes:

bien comunicarse con el usuario (pantalla, teclado alfanumérico, mouse, tarjeta de sonido, impresora, etc.) o con otros dispositivos (módem, interfaz MIDI, etc.).

⁷ Un proceso en tiempo real es aquél en el que la computadora realiza los cálculos a medida que se van requiriendo los resultados.

⁸ En los procesos en tiempo diferido, la computadora realiza todos los cálculos antes de comenzarse a utilizar los resultados.

- i) desde un controlador MIDI⁹ hacia un sintetizador
- ii) desde un controlador MIDI hacia una computadora
- iii) desde una computadora hacia un sintetizador.

Estas rutas se seleccionan mediante el conexionado. Cada instrumento posee una salida (MIDI Out) y una entrada (MIDI In). Conectando la salida de un equipo A a la entrada de otro equipo B, se consigue dirigir los mensajes desde A hacia B. La primera ruta se emplea cuando se desea ejecutar música con el sintetizador en forma manual, como si se tratara de un instrumento acústico. La segunda ruta se utiliza para grabar o memorizar una ejecución manual. A diferencia de lo que sucede con un grabador de cinta o de cassette, lo que se graba no es la música en sí, sino las órdenes para ejecutarla, es decir qué notas ejecutar, en qué instantes, con qué timbre, duración, intensidad, etc. La tercera ruta corresponde a la ejecución automática, en donde la computadora toma el control y envía órdenes al sintetizador. Estas órdenes pueden haber sido grabadas anteriormente a partir de una ejecución manual, o pueden haber sido ingresadas desde el teclado alfanumérico de la computadora (mediante una codificación que dependerá del programa de edición que se utilice). También es posible generar las órdenes automáticamente, mediante algún algoritmo de composición.

Las tres rutas descritas pueden combinarse entre sí, lo cual enriquece enormemente las posibilidades que ofrece MIDI. Así, es posible ejecutar manualmente un instrumento, al mismo tiempo que la computadora ejecuta otro u otros instrumentos automáticamente. Si se desea, además, la parte ejecutada manualmente puede ser grabada, y posteriormente ejecutada automáticamente junto con los otros instrumentos. Reiterando este proceso, una única persona puede tocar uno a uno todos los instrumentos de una orquesta u otro conjunto instrumental.

Naturalmente, todos los instrumentos podrán ser ejecutados desde un mismo controlador, que puede elegirse de un tipo que resulte de fácil ejecución para el músico. Esto es así porque se puede ordenar a la computadora que los mensajes MIDI sean ejecutados con un timbre a elección dentro de los disponibles, aun cuando el mecanismo del controlador no se parezca al del instrumento acústico que produce dicho timbre (por ejemplo, con un teclado pueden ejecutarse sonidos de una flauta).

Los programas secuenciadores permiten ingresar las órdenes de varias maneras. Una de ellas, es la ejecución en tiempo real por parte de un intérprete humano, es decir un músico con el dominio técnico necesario para ejecutar correctamente las diversas partes en el controlador MIDI que haya elegido (normalmente, un teclado). También es posible ingresar las notas mucho más lentamente, de modo de facilitar la ejecución. Otra manera, que no requiere el manejo técnico de ningún instrumento, es ingresar nota por nota desde el teclado alfanumérico de la computadora, indicando de alguna manera (que depende del programa secuenciador en particular que se esté usando) los distintos parámetros asociados: duración, timbre, intensidad, etc. Los programas más amigables permiten escribir directamente en la pantalla de la computadora con la notación musical tradicional. En otros casos las notas se ingresan desde el teclado alfanumérico de la computadora.

En MIDI existe una serie estándar de mensajes, que son comunes a todos los instrumentos MIDI y todos los fabricantes entre los cuales están la activación y desactivación de notas, el cambio de timbre (denominado “cambio de programa”), la modificación de afinación, el control de volumen global, el accionamiento del pedal, etc. También existe una serie de mensajes no estandarizados, que son definidos por cada fabricante, denominados “mensajes exclusivos de sistema”. Con estos mensajes MIDI

⁹ Un controlador MIDI es un dispositivo que permite generar mensajes MIDI manualmente, por ejemplo un teclado MIDI, una guitarra MIDI, etc.

especiales se pueden controlar las diversas funciones específicas de cada instrumento. Es posible, por ejemplo, introducir modificaciones de timbre durante la ejecución propiamente dicha, variando envolventes, contenido armónico, etc.

5. EL PROBLEMA DE LA INTERPRETACIÓN

Uno de los problemas más serios de la ejecución de música por medio de una computadora es el de lograr una interpretación musicalmente convincente. Hay dos hechos que demuestran que ello es teóricamente posible. El primero es que si se utiliza un sintetizador de buena calidad, los intérpretes humanos logran en general interpretaciones tan expresivas como con el instrumento acústico correspondiente, interpretaciones que una vez grabadas en forma de mensajes MIDI podrán ser reproducidas fielmente por la computadora. El segundo hecho es que la computadora puede controlar con una precisión superior a la de cualquier ejecutante humano los dos parámetros básicos que gobiernan la interpretación: la intensidad del sonido y el tiempo.

5.1. LA NOTACIÓN MUSICAL

La notación tradicional de la música se basa en dos simplificaciones. La primera es que las duraciones de los sonidos y los silencios son múltiplos o submúltiplos sencillos de cierta unidad de tiempo que se mantiene constante. La segunda es que el discurso musical se puede dividir en fragmentos denominados compases. Cada compás contiene un número pequeño de unidades de tiempo, la primera de las cuales está más acentuada que las restantes.

La ventaja de estas aproximaciones es que salvo tal vez por pequeños detalles, hay una única manera posible de representar cada pieza musical. La desventaja es que la notación resultante no provee recursos para anotar las pequeñas desviaciones de lo especificado, que es donde reside, precisamente, la interpretación. Esta desventaja no es tal en el caso en que la música vaya a ser ejecutada por un intérprete humano experimentado, ya que existe una serie de convenciones, en algunos casos tácitas y en otros casos explícitas (que forman parte de lo que se denomina “estilo”), que el músico utiliza consciente o inconscientemente para su interpretación.

5.2. LA INTERPRETACIÓN

Programar una buena interpretación sin la intervención de un ejecutante experto no es tarea sencilla, aunque adquirir la técnica para hacerlo es, por cierto, más simple que adquirir la destreza física necesaria para tocar correctamente un instrumento (o, para el caso, un controlador MIDI). Básicamente consiste en programar adecuadamente las desviaciones respecto a lo indicado en la partitura de manera de respetar el estilo interpretativo correspondiente a la obra a ejecutar.

La gran diferencia consiste en que la “interpretación” se lleva a cabo en tiempo diferido. Esto permite por un lado proceder por el método de prueba y error, e introducir retoques hasta obtener el resultado deseado. Las “ejecuciones” posteriores serán idénticas a la versión final, aunque desde luego siempre será posible continuar perfeccionando la interpretación. En esto también difiere de una simple grabación sonora. Por otro lado, se pierde el control por parte del intérprete durante el proceso de ejecución (ver, no obstante, la sección 5.3).

5.3. CONTROLADORES GESTUALES

Hasta ahora, cuando hablábamos de controladores MIDI, nos referíamos a dispositivos capaces de enviar la totalidad de los mensajes MIDI necesarios para producir una ejecución musical, es decir todas las órdenes de activación y desactivación de notas y los demás parámetros asociados. Es posible, sin embargo, contar con otros controladores que modifiquen aspectos más globales de la ejecución que tienen un importante papel en la interpretación, Así, puede controlarse el volumen, el tempo (parámetro musical que indica la rapidez de ejecución), el vibrato, y otros elementos de control en tiempo real. Como estos elementos varían mucho más lentamente que los mensajes de activación y desactivación de notas, la dificultad motriz que caracteriza una pieza complicada se reduce a un mínimo, posibilitando la intervención en tiempo real del intérprete, aunque no sea experto en la ejecución de instrumentos en tiempo real.

La forma de accionamiento de estos controladores puede ser por medio de pedales o palancas (joysticks). También se han desarrollado, o aunque todavía no parecen tener difusión a nivel comercial, controladores gestuales, es decir sensibles a diversos gestos del intérprete. Así, es posible que un director de orquesta, realizando los gestos habituales, pueda controlar la ejecución de una orquesta electrónica. Por medio de cámaras de vídeo y técnicas de redes neuronales, es posible detectar además elementos como la sonrisa y otros gestos faciales y utilizarlos para gobernar diversos elementos de la interpretación.

6. LA COMPOSICIÓN POR COMPUTADORA

La computadora puede servir a varios fines dentro de la composición. En primer lugar, funcionando como secuenciador permite la verificación inmediata de lo que se está componiendo, lo cual es particularmente útil cuando se busca lograr efectos tímbricos nuevos y por lo tanto desconocidos. En segundo lugar, puede colaborar en la realización de cálculos, especialmente combinatorios, requeridos para organizar una forma musical compleja. En tercer lugar, puede componer automáticamente en base a una serie de pautas introducidas a tal efecto. Por último, permite trabajar íntimamente con el sonido mismo, realizando lo que se ha dado en llamar microcomposición, en donde la elaboración de un sonido complejo, de un timbre nuevo, reviste igual importancia que su aplicación posterior a la composición de una obra.

A nivel del gran público, existen diversos programas capaces de realizar armonizaciones y arreglos instrumentales en diversos estilos. Estos programas, sin embargo, no permiten lograr composiciones de gran valor artístico, debido a que los algoritmos utilizados son relativamente simples y proveen soluciones estándar, efectivas pero no originales.

Existen programas realizados por centros de investigación en diversos lugares del mundo con posibilidades más avanzadas de control del proceso creativo. Por ejemplo, es posible trabajar en forma aleatoria con grandes masas de sonidos, controlando parámetros estadísticos globales de dichas masas, como podrían ser la frecuencia de aparición de cada altura, o la duración promedio de cada sonido, o la manera en que evoluciona el timbre o el contenido armónico de los sonidos, a lo largo del tiempo. También es posible establecer reglas de composición, como podrían ser tipos de acordes permitidos, tipos de encadenamientos de acordes, tipos de elaboración y variación de motivos, tipos de textura y timbres, tipos de discurso, desarrollo formal, etc.

6.1. ESTRATEGIAS DE IMPROVISACIÓN

La improvisación es un recurso dentro de la composición que cumple varias funciones. En primer lugar suele ser el punto de partida para lo que finalmente se convertirá en una obra. En segundo lugar, mucha música de diversas épocas ha requerido en mayor o menor medida de la improvisación por parte de los intérpretes. Así, en el barroco se improvisaban los adornos; en el clasicismo, las cadencias; en el jazz, se improvisa sobre una base armónica y rítmica con melismas característicos; y ya en la música contemporánea, no es raro encontrar obras con amplias porciones libradas totalmente a la improvisación del intérprete, con la sola guía de una serie de dibujos a veces sin relación con la música. Por último, es habitual en muchos compositores la costumbre de improvisar piezas enteras tanto en privado como en público. Esta práctica causa satisfacción al compositor y es bien recibida por los auditorios.

Parecería, en un primer análisis, que la improvisación está vedada para la música por computadora. No es así, sin embargo, según veremos. Improvisar es, básicamente, realizar una ejecución en tiempo real sobre pautas lo suficientemente generales como para admitir diversas realizaciones. Varios elementos influyen directa o indirectamente sobre una improvisación. En primer lugar, la habilidad técnica del improvisador como instrumentista. En segundo lugar, el marco teórico que se imponga para una determinada improvisación (por ejemplo la armonía tonal, el contrapunto libre, la recurrencia obsesiva de un motivo, etc.). En tercer lugar, las características del instrumento o controlador y su interacción con la anatomía de la mano u otras partes del cuerpo que se utilicen para su ejecución.

La forma más directa de improvisar a la manera tradicional es hacerlo con un controlador mientras la computadora ejecuta una música almacenada previamente en memoria. Pueden concebirse otras formas de improvisación si eliminamos el requisito del tiempo real. Por ejemplo, si los datos MIDI correspondientes a las notas se ingresan desde el teclado alfanumérico de la computadora o mediante el mouse, es posible realizar una “improvisación gráfica”, Para ello se utiliza una representación denominada rollo de pianola”,¹⁰ en la cual las alturas están representadas como líneas paralelas horizontales. Cada nota se indica como un segmento sobre la altura correspondiente, cuya longitud representa la duración de la nota. Para la improvisación gráfica, simplemente se colocan sobre la pantalla, a discreción, segmentos de diversas longitudes y posiciones, formando diseños que resulten agradables o significativos al “improvisador”. El resultado se prueba ejecutándolo con el secuenciador.

La improvisación gráfica es una forma severa de transcodificación, es decir el cambio de un código por otro. En este caso los sonidos se sustituyen para la improvisación por diseños gráficos, que luego se reconvierten en sonidos durante la ejecución de la improvisación. Se puede lograr improvisaciones interesantes utilizando otras transcodificaciones, por ejemplo convertir el teclado alfanumérico de la computadora en un controlador MIDI, el cual al escribir distintos caracteres enviará (ya sea a la memoria o directamente al sintetizador) mensajes MIDI de activación y desactivación de notas. Otro género de transcodificación útil para improvisar en un controlador MIDI cualquiera, consiste en reordenar las alturas equivalentes a las diversas teclas. Por ejemplo, que al accionar un DO, el transcodificador envíe un mensaje MIDI de activación de un RE sostenido, al accionar un FA se envíe un SI, y así con las diversas notas. De esta manera, al ejecutar una escala (alturas consecutivas), el resultado será una sucesión de sonidos en otro orden (alturas no consecutivas). Otra posibilidad consiste en que cada tecla funcione como una macro, es decir que al

¹⁰ En inglés “piano roll”. La denominación surge por su similitud con el papel perforado de las pianolas. La mayoría de los programas secuenciadores admiten este tipo de representación.

oprimirla desencadene no un mensaje único de activación de nota sino toda una serie de eventos (por ejemplo, ejecutar una serie de sonidos). Esto permitiría al improvisador trabajar con mayor desahogo, es decir, lograr un efecto de gran complejidad con menor dificultad mecánica. Estas transcodificaciones requerirán, en general, de pequeños programas ad hoc de fácil escritura (es poco probable que se encuentren disponibles en el mercado.)

7. EL POTENCIAL ANALÍTICO Y LA “MUSICONOMÍA”

La computadora puede brindar una ayuda invaluable en el análisis cuantitativo de diversos aspectos de la música (la composición, la interpretación, la notación) que pueden contribuir significativamente a la investigación en música. Esto ha llevado a proponer la nueva denominación de “musiconomía” [3] para la ciencia de la música, superando así a la “musicología”, un estadio primitivo en el cual las observaciones sólo podían tener un carácter cualitativo o sólo groseramente cuantitativo. Con la computadora se puede, por ejemplo, estudiar los estilos musicales desde una nueva perspectiva, la de realizar y probar modelos algorítmicos para la reproducción de un estilo compositivo. Con técnicas de inteligencia artificial es posible reconocer estructuras comunes a diversas obras representativas de un estilo. También es posible investigar a fondo las leyes que gobiernan la interpretación musical, ya que se puede medir con gran precisión tanto las intensidades como los tiempos así como parámetros asociados a otros recursos expresivos (como el vibrato). Esto llevará, dentro de no mucho tiempo, a disponer de modelos que permitirán la interpretación automática de piezas de diversos géneros y estilos.

8. LA MÚSICA POR COMPUTADORA EN LA EDUCACIÓN

Las posibilidades de la música por computadora en la educación musical son enormes. Se puede utilizar para enseñar a reconocer diversos estilos. Permite realizar un estudio exhaustivo de partituras para conjuntos instrumentales, ejecutando las partes individualmente, en grupos, o en su totalidad, comparando las diferentes versiones. También se puede utilizar para enseñar diversas técnicas compositivas y para el estudio de la instrumentación y orquestación. Se puede emplear como tutor para el aprendizaje de un instrumento, detectando y corrigiendo errores. Se puede utilizar para enseñar a objetivar los procesos interpretativos, analizando interpretaciones realizadas sobre un controlador y almacenadas como datos MIDI por intérpretes expertos, así como las propias de los alumnos. También se puede utilizar para el desarrollo de demostraciones acústicas y auditivas. La lista de posibilidades sólo depende de las necesidades y de la imaginación del docente que utilice este recurso aún poco explotado.

Lo anterior se refiere a utilizar la computadora como accesorio pedagógico para enseñar más eficientemente lo que puede transmitirse también de otra manera (como siempre se ha hecho). Pero además, la música por computadora es, por mérito propio, una disciplina digna de ser aprendida en sí misma.

En efecto, llegar a ser un instrumentista de primer nivel hoy en día, además de requerir una predisposición motriz y una disciplina muy marcadas, lleva entre diez y doce años de intenso estudio. En cambio, adquirir sistemáticamente el tecnicismo del control de un sintetizador por computadora puede demandar apenas un par de años, bien complementados con un buceo entre los diversos exponentes estilísticos. Los músicos así formados tendrían, además, una visión mucho más amplia, ya que no estarían

limitados a un solo instrumento, sino que podrían realizar interpretaciones de obras para conjuntos o aun orquestas completas, así como para sonidos electrónicos.

9. LA MÚSICA DEL FUTURO

Hemos visto que con el advenimiento de las nuevas tecnologías se han hecho realidad los sueños del pasado, inclusive los de un pasado relativamente reciente. ¿Cómo termina todo esto? Para contestar esta pregunta debemos explicitar los sueños del presente.

Existen dos diferencias sustanciales entre una ejecución en vivo y la música que emerge de un par de altavoces de un sistema estereofónico. La primera es que si bien con el estéreo se logra cierta espacialización del sonido, la imagen acústico-espacial obtenida no es completa. La segunda es que no hay en realidad músicos tocando. Si bien a lo largo del siglo XX nos hemos acostumbrado a estas dos carencias tanto a través de las grabaciones en diversos medios como de las transmisiones radiales, sabemos muy bien qué diferente resulta asistir a un concierto que meramente escuchar una grabación del mismo. Es quizás por esa razón que el concierto como tal, a pesar de ser una institución demasiado costosa, sigue sobreviviendo.

Los “multimedios” y la “realidad virtual” son la clave para una de las posibles evoluciones de la música por computadora. Podemos imaginarnos sentados en el sillón del living, con las luces apagadas, presenciando y escuchando un concierto sinfónico coral como si estuviéramos en la mejor ubicación de nuestro teatro favorito, sintiendo de vez en cuando algún cuchicheo cercano, o alguno que otro papel de caramelos (que podemos silenciar si así lo deseamos, naturalmente), todo ello generado en nuestra computadora de bolsillo con un puñado de elementos de hardware adicional: un par de auriculares, y un proyector holográfico. Pero podemos también, por medio de un controlador gestual interactuar con la orquesta e influir en tiempo real en la interpretación, transformando la velada en una experiencia fascinante. Con un click del mouse¹¹ podríamos, en plena ejecución, introducirnos en la orquesta y pasear entre los músicos, escuchando instante a instante exactamente como lo haríamos si estuviéramos paseando entre los músicos de una verdadera orquesta.

También podemos imaginar una clase de espectáculo completamente diferente, con imágenes generadas por la computadora no como un complemento nostálgico del verdadero mensaje (la música), sino como parte integral de un arte audiovisual como quizás lo soñó Alexander Scriabin, de un arte audiovisual interactivo, tal vez improvisatorio, capaz de crear sensaciones espacio-temporales inéditas.

¿Qué falta para llegar a esto? En verdad estamos relativamente cerca. Los únicos inconvenientes son una cuestión de costo y de perfeccionamiento de tecnologías que ya existen. De hecho se utilizan en la actualidad dispositivos de esta naturaleza por ejemplo para entrenar pilotos de avión.

Cabe preguntarse, a la luz de esta perspectiva, qué sucederá con los ejecutantes humanos. ¿Tenderán a desaparecer? ¿Evolucionarán hacia otra forma de artista? ¿Seguirá existiendo el concierto tal como lo conocemos?

¹¹ El mouse (ratón) es un periférico que permite desplazar en la pantalla de una computadora un punto, flecha o algún otro indicadora. Para ello se lo sostiene en la mano apoyado contra una superficie plana y se lo desplaza realizando los mismos movimientos que se desea reproducir en la pantalla. Realizar un *click* es simplemente oprimir uno de los dos o tres botones del mouse, lo cual desencadena una acción que depende de la ubicación señalada en la pantalla. En este caso se trataría de un mouse tridimensional.

Al parecer, la ejecución de un instrumento, así sea un controlador, constituye para el músico una fuente de placer difícil de reemplazar. Tarde o temprano el ejecutante experimenta la sensación de tener en la punta de los dedos el control de un fenómeno casi mágico. Consideraciones similares son válidas, desde luego, para el canto. Todo esto parecería indicar que nunca desaparecerá del todo la “especie” de los intérpretes “puros”. Sin embargo, es muy factible que las nuevas generaciones de personas con inclinación por la música vayan desviando esta fuente de placer hacia otras direcciones. La ejecución utilizando los recursos de transcodificación mencionados anteriormente, por medio de los cuales una acción física sencilla desencadena una complicada serie de eventos, parece ser un buen sustituto (basta observar la expresión de alegría de un niño pequeño cuando al oprimir un botón de cualquier aparato moderno logra desencadenar una acción compleja). Por otro lado, con el transcurso del tiempo probablemente resulte cada vez más difícil conseguir un buen maestro a la usanza tradicional, aunque los nostálgicos dispondrán siempre de software educativo para el autoestudio (software que en sí mismo será una pieza de museo desarrollada cuando todavía era frecuente y apetecible el estudio tradicional de un instrumento o el canto). Por supuesto que, de igual modo que hoy en día existe el furor por la ejecución de música antigua con instrumentos y técnicas originales de cada época, podrá existir periódicamente un regreso a la tradición.

El músico aficionado que gusta compartir una tertulia con sus amigos de vez en cuando, dispondrá, por otra parte, de instrumentos de bajo costo que con poco esfuerzo producirán resultados asombrosos. El músico profesional, como en toda época, tenderá a llevar su técnica instrumental al límite, y, por medio de controladores adecuados complementados con la transcodificación, producirá una música de gran complejidad. Surgirá así una especie de virtuosismo auditivo, por el cual la capacidad de escuchar comprensivamente también será llevada al límite.

En relación con el concierto público, al disminuir la cantidad de músicos altamente capacitados se irá encareciendo cada vez más, con lo cual terminará constituyendo un privilegio prohibitivo. Aparecerá en cambio una nueva forma de espectáculo: el concierto difundido a través de redes globales de información digital, como Internet, con mayores o menores niveles de interacción entre el oyente y la interpretación. Esto permitirá satisfacer la necesidad de exhibición que caracteriza al artista: exhibición de su obra, de su interpretación, de su destreza. Así, un compositor podrá introducir en la red pública de información su última obra, que será apreciada quizás por cientos o miles de “escuchas informáticos” a todo lo largo y ancho del mundo. Del mismo modo, un intérprete podrá reejecutar (y reinterpretar) obras que encuentre a la deriva en la maraña de la red de información y sean de su agrado. Por otra parte, al término de una sesión, los escuchas, intérpretes o compositores podrán introducir en la red sus comentarios, e inclusive mantener largas conversaciones con otros escuchas, intérpretes o compositores quizás de lugares geográficamente remotos,

Se llegará así a una rara mezcla de individualismo, intimidad y estado público del hecho musical sin precedentes, sólo pálidamente anticipada por la industria discográfica que prevaleció y sigue prevaleciendo desde la invención del fonógrafo como medio de difusión masiva de la música.

Por último, probablemente se llegue a un estado de cosas en el cual cada obra sea retocada, editada o transformada cientos de veces durante su permanente errar por la red, entrando en el terreno de la creación colectiva, o mejor aún cooperativa, reeditando el statu quo vigente hace varios siglos, cuando la música era anónima.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ward, John Owen (editor): “Diccionario Oxford de la Música”. Edhasa - Editorial Sudamericana - Editorial Hermes. Barcelona, Buenos Aires, México DF, 1984.
- [2] Penfold, R. A.: “MIDI Avanzado, Guía del Usuario”. Editorial RA-MA (Addison y Wesley Iberoamericana), Wilmington, Delaware, USA, 1993,
- [3] Moore, F. Richard: “Elements of Computer Music”. Prentice Hall. Englewood Cliffs, 1990.

NOTA: Este artículo fue solicitado por la Subsecretaría de Cultura de la Provincia de Santa Fe, República Argentina, en contraprestación por la Beca de Investigación y Perfeccionamiento otorgada al autor en 1994 para la realización de un proyecto sobre el uso de la Computadora en la Composición Musical. El mismo iba a ser incluido en una revista editada por dicha Subsecretaría, pero nunca fue publicado.