

MUSICA, ENSEÑANZA Y ORDENADORES

JOSEFINA MARTIN LUIS

RESUMEN

En este artículo, tratamos los sistemas educativos utilizados en la nueva tecnología de los ordenadores, sus métodos más destacados y programaciones en función del aprendizaje, así como las teorías más influyentes en su elaboración. La utilización del ordenador en el campo de la composición musical, módulos, programas, interfase MIDI, etc., que sirven al músico en la elaboración y creación de sonidos. Finalmente la posibilidad de su proyección en el contexto educativo musical y la necesidad de programas adecuados para ello.

ABSTRACT

This article is about the educational approaches used for the new technology of computers: its most important methods and syllabuses according to learning, as well as the most influential theories involved in its elaboration; the use of computers for musical composition and modules, programmes interface MIDI, useful for the musician in the elaboration of creation of sounds; and finally its possible influence on the musical educational context of music and the necessity for adequate programmes.

PALABRAS CLAVE

Ordenador, Interface, Midi, Sintetizador, Programa, Digital, Analógico, Interactivo, Envoltente, Sistema Tutorial, Experto, E.A.O.

KEYWORDS

Programme, Interface, Midi, Synthetizer, Programme, Digital, Analogic, Interactive, Encording, Tutorial system, Expert, E.A.O.

1. INTRODUCCION

Intentar unir la Música, ciencia/arte, dentro de un proceso educativo, con la moderna gestión que realizan los ordenadores, es ya una consecuencia lógica. Sin embargo, en la realidad esta situación aún no se ha desarrollado con la intensidad que estimamos merece y, por ello, quedamos un tanto desilusionados, al intentar obtener información sobre programas preparados para esta finalidad.

Parece como si la Música fuese la gran olvidada, entre tanta literatura como hay escrita sobre la incidencia de los ordenadores, en los diferentes campos educativos de otras ciencias y ramas humanísticas.

Esta problemática es la que queremos dejar patente, con la esperanza de que los nuevos adelantos de esta ciencia joven, pero de tanta actualidad, la informática, puedan hacer realizable un futuro prometedor en el curriculum escolar.

Los ordenadores y el mundo informático, en general, han impactado con gran fuerza en todos los aspectos que nos rodean. Su repercusión en la Música ha sido también decisiva, pero sólo a nivel de composición y creación musical.

Por todo ello, y ciñéndonos ya al entorno pedagógico, estimamos que es interesante hacer una breve perspectiva de la panorámica actual y de los medios que contamos: programas, sistemas educativos, y módulos de sonido. Este precisamente será el desarrollo de nuestro artículo.

2. EDUCACION Y ORDENADORES

Pueden ser discutibles los fines o los objetivos de la educación, pero realmente existe un punto en el que todos estamos de acuerdo y es el preparar a los alumnos para su vida de adultos. El mundo exterior que les rodea es muy diferente al de la escuela. Su ambiente familiar y los medios de comunicación social les inician en una vida real, trepidante y llena de técnica, detectando una cierta separación entre la escuela y el mundo actual. Por tanto, la escuela deberá ofrecer al niño el mismo nivel de técnica que él encuentra en ese medio exterior.

Desde el punto de vista informático, en el terreno pedagógico, se pueden plantear las siguientes preguntas:

- ¿Qué puede aportar el ordenador en un centro educativo?
- ¿En qué aspectos psicopedagógicos se apoya?
- ¿Qué ventajas y limitaciones puede representar para alumnos y profesores?
- ¿Qué aplicaciones tiene?

2.1. Función del ordenador en la docencia

El ordenador puede aportar en el sistema docente una doble utilidad: bien para enseñar informática, o bien como máquina de enseñar en un sentido más amplio.

Los defensores del primer punto argumentan la importancia de la informática en nuestra vida cotidiana, por lo que es aconsejable iniciarse en esta disciplina, que va a incidir en gran parte de las actividades profesionales futuras, y en las que se encuentran implicados sectores enteramente informatizados: robótica, telemática, ofimática, bancos de datos, etc.

No obstante, restringir el uso del ordenador sólo a la enseñanza de la informática, sería sacar un pobre partido a las múltiples posibilidades que éste nos ofrece. Por ello, sin rechazar lo primero, ha surgido la conveniencia de impartir una enseñanza presentada de una manera nueva y sugestiva: la EAO, enseñanza asistida por ordenador o CAI, computer asisted instruction.

La EAO nació en los años 60 en distintas Universidades norteamericanas, como consecuencia de las observaciones de una serie de profesores, que detectaron como las técnicas informáticas podrían ser una adecuada solución para mejorar el rendimiento de sus actividades profesionales, especialmente las burocráticas y los trabajos de corrección, siendo

en esta faceta donde inicialmente se obtuvieron los mejores resultados, al automatizar la valoración de deberes por medio de los sistemas DIDAO y PLATO.

El sistema DIDAO se inició en 1963 en la Universidad de Stanford por Suppes. Posteriormente, fundaría la C.C.C. (Computer Curriculum Corporation), con objeto de comercializar el sistema. Años después, Universidades y firmas comerciales promovieron su desarrollo educativo.

El sistema PLATO se inició en la Universidad de Illinois, en el año 1967, necesitando múltiples terminales en conexión con un gran ordenador, enlazadas a éste por líneas telefónicas. Su mayor atractivo fue la biblioteca de programas, que cubría todas las disciplinas y niveles

Posteriormente, se han realizado numerosas experiencias en el campo educativo, en Francia, Japón, Estados Unidos, Canadá, Gran Bretaña y en la antigua República Federal Alemana, introduciendo los medios informáticos para enseñar diversas disciplinas.

Su interés consiste en mejorar por medio de esta renovación el sistema pedagógico. El alumno asume un rol activo, con un sistema que, además de proporcionarle conocimientos, le deja trabajar a su propio ritmo. Por su parte, el profesor no tiene ya el rol de fuente del saber, sino más bien el de consejero y orientador, estableciendo una comunicación entre enseñados y enseñante, con mayor fluidez que en los esquemas clásicos. Esto no quiere decir, en modo alguno, que las máquinas reemplacen al maestro, de la misma manera que tampoco el libro sustituye la enseñanza magistral. Nada puede sustituir al diálogo y al contacto humano como fuente de información.

La E.A.O. tiene sus fanáticos y sus detractores. Mientras unos opinan que es capaz de resolver todos los problemas docentes, otros le niegan cualquier valor pedagógico, y hasta algunos ven en ella la desaparición próxima del maestro. Sin embargo, la opinión más ajustada a la realidad es su término medio, aunque hasta el momento, y a pesar de las numerosas tentativas y de las inversiones elevadas, no se han obtenido todavía los resultados apetecibles.

Por tanto, y a modo de resumen, podemos concluir con los siguientes postulados:

- El ordenador no será la panacea que permita resolver todos los problemas docentes.
- Cualquier enseñanza a través del ordenador no es siempre más efectiva que otra realizada a modo tradicional.
- El peso principal de la enseñanza no ha de recaer sobre el ordenador pues éste, al igual que los medios audiovisuales, debe tomarse como un complemento importante en la docencia.
- El ordenador puede informar, preguntar y corregir al mismo tiempo, circunstancia que lo diferencia de la enseñanza tradicional.
- Aporta una dimensión suplementaria muy peculiar: "el diálogo", ya que analiza la respuesta del alumno, para ser considerada adecuada o no. Este diálogo hombre-máquina debe ser entendido, lógicamente, de una manera muy restrictiva, al no ser en muchas ocasiones un diálogo abierto con preguntas y respuestas por ambas

partes, sino que es generalmente el ordenador el que interroga, dado que el programa operativo actúa según criterios predeterminados, salvo sistemas más avanzados que permiten la respuesta abierta.

- Otros medios complementarios de la enseñanza, como pueden ser los audiovisuales, que habitualmente son utilizados en la educación escolar, también han cobrado nueva vida, al presentarse en conjunción con el ordenador. Este puede fácilmente dirigir un proyector de diapositivas para que en un determinado momento las proyecte, o que un magnetofón reproduzca una canción o melodía, etc.

2.2. Aspectos psicopedagógicos

Es importante que los profesores reconozcan lo imprescindible que resulta el disponer de una buena programación basada en principios de curriculum sólidos, para que la utilización de los ordenadores sea la adecuada.

Partiendo de que el ordenador es el medio para informar al alumno, y que esta información tiene la finalidad de que éste "aprenda", será necesario acudir a las teorías del aprendizaje. Este aprendizaje se desarrolla desde un principio en el aula y no tiene las mismas respuestas cognitivas, ni favorece la misma calidad de desarrollo intelectual para todos los alumnos.

Los actuales trabajos pedagógicos están influidos por teorías contradictorias acerca del proceso de enseñar-aprender. Posiblemente, porque esta acción de aprender es un atributo humano del que aún desconocemos bastante. Ninguna de estas teorías es totalmente adecuada y por ello los educadores deben trabajar en base a teorías incompletas.

La teoría conductista ha desempeñado un papel importante. Para sus defensores, el hombre reacciona a base de estímulos que se introducen en el sujeto, originando unas respuestas que constituyen la conducta. Uno de los trabajos más influyentes fue el del psicólogo Skinner. Este especialista del condicionamiento y aprendizaje, cuya tesis se encuentra dentro de la corriente neobehaviorista, fue el iniciador de la enseñanza programada (E.P.) en los años cincuenta y precursora de la E.A.O.

Este sistema de enseñanza, basado en programas de ejercitación y tutoriales, ha sido satisfactorio para el aprendizaje memorístico y resolución de problemas, pero no para fomentar la comprensión global de las situaciones.

Su objetivo inicial es que el alumno sea capaz de estudiar y comprender por sí solo una determinada disciplina. Para realizar este objeto se impone un método, la materia a enseñar fraccionada, y unos elementos base, ideas-clave, que se irán presentando por un orden de dificultad. Cualquier información va acompañada de una pregunta control y de una consolidación de conocimientos, formando lo que se llama un item.

El item ha de ser claro, preciso y breve. Cada idea-clave consta de varios items, que se encadenan con la siguiente idea-clave y, así sucesivamente, formando un programa completo. Este programa puede realizarse de una manera lineal tipo Skinner, o ramificado, tipo Crowder.

Sus principios pueden resumirse:

- Pequeñas etapas.
- Ritmo individual.
- Participación activa.
- Respuesta inmediata.

La E.A.O. es la enseñanza programada trasvasada del libro a la pantalla. Su marcha ha sido progresiva y los actuales sistemas E.A.O. se presentan como instrumentos polivalentes, que permiten la puesta a punto de técnicas metodológicas muy diferentes.

Otras de las aportaciones a las teorías del aprendizaje es la psicología cognitiva, que parte de puntos de vista muy distintos del anterior. Su fundamento es el entendimiento de los esquemas y estructuras con las que el cerebro humano organiza el conocimiento interior. Por tanto, existe una gran relación entre esta línea de pensamiento y la utilización de la inteligencia artificial en los ordenadores. Las teorías cognitivas son prometedoras, pero no siempre resultan acertadas para desarrollar el aprendizaje.

También, el interés en la comprensión de cómo evoluciona la inteligencia humana ha hecho que la psicología evolutiva haya sido decisiva en proyectos curriculares. Piaget, su figura más destacada, con el que algunos investigadores no están totalmente de acuerdo, ha aportado además de las distintas etapas evolutivas del hombre, la idea de que el aprendizaje es una construcción del sujeto en interacción con un medio propicio.

Estas etapas evolutivas son:

- Sensomotora, de 0 a 2 años.
- Preoperacional, de 2 a 4 años.
- Preoperacional intuitiva, de 4 a 7 años.
- Operacional concreta, de 7 a 11 años.
- Formal, de 11 a 15 años.
- Operativa formal, a partir de los 15.

La programación LOGO está basada en este proceso. Otros programas como "demostración animada", "simulación", "juegos heurísticos", etc. también facilitan las tareas de realización, búsqueda de datos y actividades básicas, aumentando la capacidad de comprensión del alumno.

La proyección de esta teoría en el campo de los ordenadores ha dado como resultado programas educativos. Igualmente ha influido en la elaboración de proyectos curriculares llevados a cabo por algunas Universidades como la de Berkeley en California.

Finalmente, es interesante a tener en cuenta las bases neurológicas de la estructura cerebral. Ellas nos explican el comportamiento de las dos partes integrantes del cerebro y su relación con la lateralidad, en cuyas investigaciones destaca Roger Sperry. Un buen aprendizaje deberá estar en base a la utilización de ambas partes cerebrales, por ser esencialmente distintas en su funcionamiento, la izquierda controla fundamentalmente el razonamiento y el lenguaje, y la derecha la información visual y la actividad general.

2.3. Ventajas y limitaciones para alumnos y profesores

Los libros, películas, artículos, televisión, etc., son generalmente para una educación masiva, dicen lo mismo para todos. Programando un ordenador con buen material es posible proporcionar al alumno lecciones ajustadas a sus necesidades. El programa actúa corrigiendo errores y presentando nuevas opciones, en función de las sucesivas respuestas recibidas.

Los resultados de las investigaciones sobre el aprendizaje demuestran que es mejor el aprendizaje activo que el pasivo y que cualquier aprendizaje es más intenso si el alumno puede aplicar lo que aprende y ver los resultados obtenidos de su labor.

En el proceso de aprendizaje no puede evitarse la fatiga mental. Esta fatiga consume gran parte de la energía que el alumno podía aprovechar para pasar a otros temas, trabajando a su propio ritmo. Existen programas de gran utilidad como los bancos de datos, editores de textos, que eliminan la sobrecargada fatiga mental y permiten al alumno concentrar su esfuerzo en descubrir las posibilidades de solución del problema y las estrategias a seguir, de mayor valor educativo que el buscar simplemente las respuestas.

Además, el ordenador es interactivo. No es simplemente un medio para presentar temas, ni tampoco un medio de expresión para los estudiantes, sino que plantea preguntas para estimular a los alumnos a obtener respuestas por sí mismos.

El ordenador es de una gran versatilidad en la enseñanza. Con él podemos escribir letras, líneas, hacer dibujos, tocar notas de diferente tono, duración y volumen. Puede conectarse con otros ordenadores, con aparatos electrónicos: videos, instrumentos de música electrónica, etc. Admite entradas para el teclado, mandos de juegos, lápices ópticos, lectores electrónicos, scanner, etc. Con todo esto, se favorece una mayor variedad conceptual y sensorial del alumno.

Cuando los estudiantes reciben una información, y la escuchan por primera vez, puede ocurrir que el ritmo del que habla sea demasiado rápido para su comprensión. El ordenador supedita al paso y tiempo del alumno sus funciones de aprendizaje.

Si un alumno intenta estudiar por sí mismo y no recibe ayuda, pronto se encontrará perdido y en el mejor de los casos con dos dificultades: la verificación de lo aprendido y el estímulo para seguir adelante. Con un programa preparado, puede comprobar el progreso obtenido, además de encontrar ayuda en aquellas cuestiones que lo necesite.

El ordenador facilita el poder de abstracción y la instrucción conceptual con programas de gráficos y simulaciones, permitiendo al alumno actuar con reglas fijas o al azar, en las que el propio estudiante es el que mantiene el control de las mismas.

Sin embargo, el ordenador participa también de una serie de limitaciones. No es sustitutivo de la educación tradicional, pero sí puede ayudarnos en nuestra labor pedagógica. Los programas que existen en la actualidad son algunos de ellos de escasa calidad, y en el aspecto musical prácticamente inexistentes. La creación de programas es dificultosa, cara y requiere gran esfuerzo. Los nuevos sistemas aparecen con tanta rapidez que las casas comerciales que lanzan un producto, pronto lo ven marginado al salir otras innovaciones, menos caras y de mayor número de prestaciones.

Los profesores no están del todo concienciados ante las nuevas perspectivas de la utilidad de los ordenadores. Exige por parte de ellos algunos conocimientos de informática. Si bien es verdad que existen cursos para capacitarles en la actividad para aprender a enseñar, hace falta un gran esfuerzo por su parte para encontrarse cómodos ante el ordenador y poder modificar aquellos programas que no cumplan su cometido. La utilización de los ordenadores requiere cambios en la planificación de las clases. En definitiva, se plantea como una gran incógnita en la que no todos están dispuestos a participar.

Muchas escuelas no tienen suficiente dotación económica para la adquisición de ordenadores y software necesarios. Hasta incluso pueden derivarse una serie de problemas sociales. Mientras escuelas situadas en barrio de clase alta tienen la posibilidad de adquirirlos, otros en zonas más pobres no pueden disponer de ellos, con lo que la enseñanza sería discriminatoria.

Nosotros debemos sacar nuestras propias consecuencias, y aunque actualmente sólo dispongamos de informaciones fragmentarios en el campo educativo, la situación se precipita hacia un gran cambio en el futuro.

Por todo o expuesto, podemos esquematizar así las ventajas e inconvenientes del ordenador en la enseñanza:

A) Ventajas:

- Educación individualizada y diálogo vivo.
- Aprendizaje más activo.
- Menor fatiga mental.
- Mayor variedad sensorial y conceptual.
- Aproximación del aprendizaje al proceso mental.
- Mayor independencia en el estudio.
- Mayores facilidades para la abstracción.

B) Inconvenientes:

- Programas de escasa calidad.
- Contante renovación tecnológica.
- Conocimientos informáticos.
- Pasividad del profesorado.
- Falta de medios económicos.

2.4. Aplicaciones educativas

Las funciones que el ordenador cumple en el campo de la enseñanza pueden ser las siguientes:

- Pizarra interactiva.
- Máquinas de programas:
 - Lenguajes básicos.
 - Programas abiertos, lenguaje autor.
 - Programas constructores.

- Máquina de enseñanza:

- Programas de ejercitación.
- Programas tutoriales.
- Programas de simulaciones.
- Juegos heurísticos.
- Programas abiertos.
- Sistemas expertos.

- Otras actividades:

- Editor de textos.
- Base de datos.
- Generador de gráficos.
- Generador de sonidos.
- etc.

3. MUSICA Y ORDENADORES

La Música en el ordenador ha sido una consecuencia lógica de su evolución en los tiempos. Tal vez sus antecedentes estén a principios de siglo en la música futurista de Russolo y Pratella, o en la Música concreta de los años 40 con Pierre Schaeffer y Pierre Henry, o en el desarrollo de las primeras experiencias de la producción electrónica de sonidos por Stockhausen.

Lo cierto es que la Música y las ciencias guardan una relación que se conocen desde muchos siglos. Por tanto, no es de extrañar que a lo largo de los tiempos caminaran juntas la música, en su doble contexto de ciencia y arte, con otras ciencias: matemáticas, física, acústica, electrónica y ahora con la informática, para un desarrollo actual y un futuro sugestivo.

La física de la música ha descubierto su entorno matemático, ha revelado cómo se forman, propagan y vibran las ondas sonoras, las cuerdas, las membranas, y cómo el timbre depende de la conformación de los diferentes tipos de ondas.

La acústica ha estudiado los elementos de la Música, pero de una manera aislada, aportando poco de cómo pueden combinarse en la composición musical.

También las matemáticas, con su nueva rama de "matemáticas aplicadas", donde la teoría de la información relaciona símbolos (letras del alfabeto o notas musicales) con un número de elecciones posibles, entre la más completa aleatoriedad o la mayor redundancia.

Un gran número de compositores han producido estructuras musicales de gran sofisticación utilizando programas matemáticos. Los dos extremos de estas estructuras son la Música aleatoria y la totalmente organizada. Un ejemplo representativo de las mismas lo encontramos en las composiciones: "Paisaje Imaginario" del compositor norteamericano John Cage, y la "4:44" del mismo autor.

Este concepto de música matemática programada nos dirige a la noción de composición por medio de las computadoras, en las que la música, informática y electrónica se superponen.

A partir de este momento, la computadora va a permitir la creación sintética de todo tipo de sonidos, mediante una conversión digital-analógica.

Por ello, dentro de esta creación sintética podemos distinguir: la creación analógica, con módulos que funcionan con componentes electrónicos (por ejemplo los sintetizadores) y la creación digital en la que estos módulos son programas de cálculo informático, que por medio de instrucciones van a poner en funcionamiento el ordenador para crear, realizar y producir sonidos.

3.1. Antecedentes

Antes de la Segunda Guerra Mundial, los músicos habían experimentado con generadores "sine tono". Estos eran unos dispositivos eléctricos que producían un tono constante y podía variar de altura. Un ejemplo de la utilización de este tipo de sonido son los primeros órganos Hammond, comercializados en los años 30.

Años más tarde, se produce un acontecimiento que va a posibilitar a los músicos la creación y manipulación del sonido de forma diferente: la grabadora de cinta. También en esta época se encuentran nuevos dispositivos para distorsionar los tonos de los osciladores, filtrar y modular sus resultados. Surge una nueva música, que rompe todas las reglas de la teoría musical convencional.

En los años 50, Stockhausen, en Alemania, experimenta en pequeños estudios de radios locales, produciendo música electrónica. En Francia, Pierre Schaeffer, utilizando sonidos cotidianos del mundo real, va a producir la música concreta. En Estados Unidos los laboratorios de Bell Telephone, construyen un enorme parato para el estudio de la síntesis de la voz humana, que podemos considerar como el primer sintetizador.

Por su parte, en Gran Bretaña, la BBC produce la banda sonora para el Doctor WHO, uno de los temas más clásicos de la música electrónica de los años 60.

Hiller e Isaacson, experimentan composiciones con una computadora de alta velocidad en la Universidad de Illinois, diseñando un programa: MUSICOMP (Music Simulador Interpreter for Composición Procedures). Años antes, en el 1957, ya habían comenzado sus experimentos, creando la "Illiac suite", como resultado de una serie de instrucciones dada a la computadora Illiac.

Surgen, años más tarde en las Universidades americanas, una serie de investigaciones, entre las que merecen destacar las realizadas por John Chowning, que empleó el ordenador para explorar los sonidos y como se perciben al cambiar de lugar la fuente sonora que los produce. Sus investigaciones sirvieron por parte de Yamaha como base en algunos tipos de sintetizadores.

Los músicos pop de los años 60 empezaron a experimentar con música electrónica, incorporando en su música el sonido sintetizado. Un buen ejemplo son Los Beatles, que utilizaron los estudios como un instrumento musical.

Durante estos años, muchos músicos usaron distintos medios para el proceso de sonidos, como el guitarrista Jimmy Page, o los mecanismos de autoalimentación de sonidos y filtros de barrido rápido, empleados por Jimi Hendrix, y que constituyeron la base del "Heavy Metal".

Las unidades de generación y proceso de sonido, comenzaron a incorporar diseños transistorizados, a la vez que se volvieron más pequeñas, con lo que pronto los músicos tuvieron acceso a estos sintetizadores, y la posibilidad de emplearlos fuera de los estudios de grabación.

Las mesas de mezclas de sonido empezaron a utilizarse como verdaderos instrumentos, y contribuciones originales de voces e instrumentos fueron la materia prima que se mezclaba o eliminaba en función de la reverberación y retardo de señal, originando el estilo "dub".

En la década de los 80, la manipulación y el muestreo o *samplig*, posibilidad de codificar sonidos no electrónicos en los recién aparecidos sintetizadores digitales, constituyó un arte. Productores como Steve Levine combinó la música con voces humanas para producir el pop "seamless", y fue uno de los primeros que empleó el tambor Linn y un sintetizador digital programable.

La composición musical por medio del ordenador también siguió un camino progresivo. Compositores como Xenakis, Phillipot y Barbaud, experimentaron con sistemas de programaciones y tratamientos algorítmicos.

Iannis Xenakis, presidente del CEMAMU (Centre d'Etude de Mathematique et d'Automatique musicales), consideraba que, globalmente, un acontecimiento sonoro venía caracterizado por sus atributos físicos. Estos acontecimientos sonoros serían controlados por una variable a la que llamaría "densidad media de eventos". Los cálculos y toma de decisiones eran realizados en ordenadores IBM, pero corrigiendo los resultados posteriormente. Bajo el impulso de Xenakis se creó el sistema UPIC, que se componía de una tabla de dibujo acoplada a un ordenador gobernando a la vez partitura y cálculo de ondas sonoras. Sus procedimientos de cálculo eran muy elementales y, aunque como primera aproximación al ordenador, este sistema resultó atractivo, no era susceptible de realizar ninguna de las grandes ambiciones que los músicos esperaban de la computadora.

Michel Phillipot, alumno de Leibowitz, que empezó con el postserialismo libre y derivó a la música concreta, es un músico que creyó en el ordenador. En sus investigaciones, la máquina totalmente programada no sabía conducir al resultado según la criba del compositor, que introduciría a voluntad la retroacción necesaria, o la modificación indispensable en las reglas.

Pierre Barbaud realizó un estudio algorítmico de las teorías musicales, creando un método de codificación de los acontecimientos sonoros. Con uno de sus programas, LUDIS, consiguió el automatismo integral. Por este procedimiento, añadiendo métodos atonales, compuso: "Variations heuristiques", "Música d'invenzione", "Noneto", "Cogitationes", "Hoquetus"...

Sus teorías serían utilizadas por G. Klein y F. Brown, para realizar el programa AUDITU, escrito en Fortran. Con él compuso Brown "Terra ignota", que puede ser

considerada como la primera obra realizada enteradamente en todas sus fases por un ordenador.

Surgirán también organismos especiales, de los que mencionamos algunos:

- ICMA (International Computer Music Association) en la Universidad de Northwestern.
- Groupe de Recherches en Semiologie Musicale, en la Universidad de Montreal, Quebec. Canadá. Allí trabajaron David Lidov y Gabura.
- GAIV, (Groupe Art e Informatique Vincennes) en la Universidad de París, donde Marc Battier desarrolló el programa ICOSA, sistema de generación de heterofonía.
- INA-GRB (Groupe de Recherches Musicales de la Universidad de Marseille-Luminy), donde Ina Risset grabó "Dialogues" para flauta, clarinete, piano, percusión y cinta, realizada por computador.
- CSRG (Computer Systems Research Group) en las Universidades de Toronto, Ontario. En ellas se trabajan las partituras estructuradas en árbol con editor SSP.
- CCRMA (Stanford Center for Computer Research in Music and Accustics) de la Universidad de Stanford. California.
- CAMI (Centre d'Applications Musicales de l'informatique) en la Universidad de Montreal y Quebec. Denis Lorrein trabajó en ellas sobre cánones estocásticos (concepto Xenakis) pero utilizando distintos tipos de distribuciones: "Les Portes du Sombre dis".
- CNUCE (Departamento de Musicología de Pisa). Sus componentes crearon el sistema operativo TAUMUS, procesador de textos musicales originales y preexistentes, que permitía un control automático completo para la composición. Algunos programas del TAUMUS se utilizaron para la lectura, modificación y ejecución de material musical predeterminado. Otros generaban secuencias musicales basadas en análisis combinatorios o en rutinas estocásticas como la obra "Der mond ist Aufgegangen" de Albert Mayr o "Aegror" de Belfiori, aunque probablemente la pieza "Improvvisazione" de Pietro Grossi, sea la más importante de esta escuela.

En Italia varios conservatorios como el de Marcello en Venecia, Pollini en Padua, y las Universidades de Calabria, Padua, Milán y Roma, desarrollaron programas como el EMUS, MUSIC V, DORE, con distintos cometidos en la composición musical. G. Hauss, de la Universidad de Milán, relacionó textos musicales con operadores matemáticos que permitían realizar transformaciones del texto. En Roma la LDAC, entre cuyos miembros destaca Baggiani, mezclaría primero señales digitales y analógicas para sus composiciones y posteriormente sólomente digitales; fruto de estas últimas es su composición "Senza voci II". Los otros componentes del grupo desarrollarán sistemas de síntesis de sonidos.

Posteriormente, seguirán apareciendo técnicas para generación y síntesis de sonido, sistemas de impresión automatizada de composición musical, como el SAWDUST de Herbert Brün en Illinois en 1980, el de Martín Bartlett con un microprocesador KIM6502,

con el que compuso "Air"..., en definitiva, una serie de nuevas posibilidades que harán del ordenador una herramienta de gran versatilidad en el campo de la composición musical.

3.2. El Sintetizador

La producción en serie, la sustitución del metal por el plástico y el abaratamiento progresivo de los últimos treinta años, es el paso que ha hecho posible que la utopía futurista tome visos de posibilidad.

La música popular asume la responsabilidad de la utilización de la electrónica con fines sociales. Surge así una música industrial primero y tecnológica después. El instrumento de todo este proceso de transformación es el sintetizador.

a) Precursores

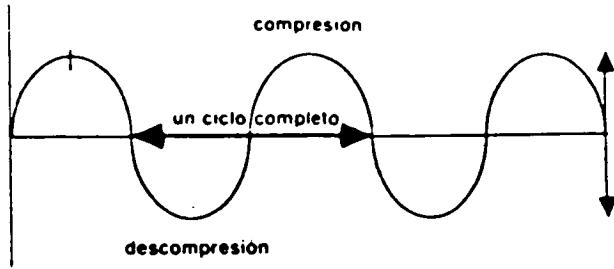
Como precursores más directos están las Ondas Martenot. Su fundamento se basa en unas vibraciones similares a las producidas por las interferencias predeterminadas de dos frecuencias lo suficientemente elevadas para ser inaudibles. Estas vibraciones son captadas por un receptor y amplificadas electrónicamente. Se obtiene una gran variedad de timbres y una de sus cualidades más destacadas es la de imitar los timbres de algunos instrumentos. Su extensión es de seis octavas. En contraposición a estas cualidades, se considera un sistema poco fiable y muy sensible a la variación de temperaturas. Martenot, su descubridor, mostró el voltaje controlado, fundamento de los sintetizadores.

El Mellotron no es un antecesor por vía directa del sintetizador, pero sí un precursor en cuanto a la idea de condensar el funcionamiento de una orquesta o grupo de instrumentos dentro de un aparato de teclado. Se utilizó en los antiguos estudios radiofónicos para poner fondo a los seriales. Su sistema consiste en conectar cada tecla a un minimagnetofón, que contiene "cintas sin fin" girando constantemente. En cada minicassette hay un cabezal que registra lo que la cinta tiene grabado (notas de violín). Tocando todo el teclado tendríamos hipotéticamente una orquesta de violines.

b) Elementos físicos del sonido

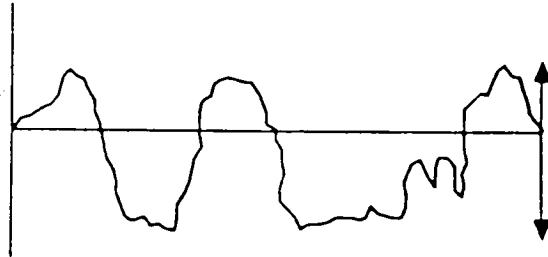
El sonido es una energía mecánica que se propaga en el aire. Como el aire tiene una presión atmosférica, diremos que el sonido consiste en una sucesión rápida de variaciones de presión que se propagan en el aire. Estas variaciones son alternativamente positivas y negativas, por lo que las moléculas del aire se comprimen y sufren descompresiones en función de la energía mecánica de la fuente de sonido.

En el caso de que la fuente de sonido sea un instrumento musical, las compresiones y descompresiones de la onda sonora se suceden de forma idéntica. Se dice entonces que la onda es periódica y se llama período o ciclo a la sucesión completa de una compresión y una descompresión. La frecuencia de una onda viene dada por el número de ciclos por segundo (Herzio), y representa la altura del sonido. Por tanto, a cada nota musical le corresponde una frecuencia propia.



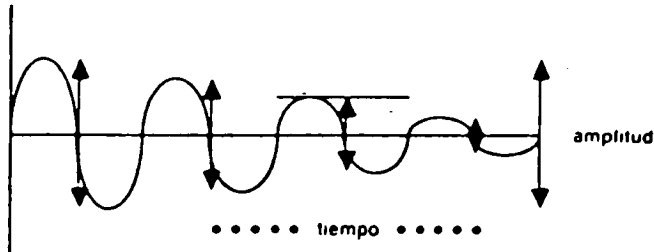
sonido no periódico

El ruido no presenta ningún carácter periódico, no se repite en el tiempo, por tanto, no tiene una altura determinada

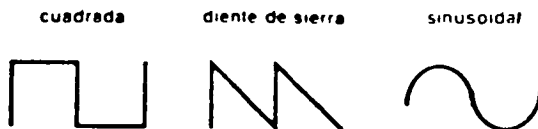


sonido no periódico

La amplitud de una onda sonora mide la variación de presión en un momento dado en el tiempo. La amplitud de una onda sonora y el volumen que percibimos están estrechamente ligados, pero no son iguales. Nuestra percepción está en función logarítmica a la variación lineal de la amplitud. El volumen se mide en decibelios que es una medida relativa. Esta medida nos permite compara el volumen de los sonidos pues se corresponde con la forma en que nosotros los percibimos.

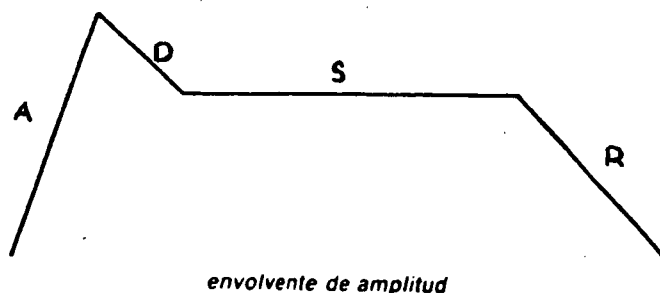


El timbre, es el que diferencia unos instrumentos de otros, aunque ambos toquen la misma nota musical. Cada instrumento tiene una configuración de onda particular. La forma más sencilla de onda es la sinusoidal, pero existen además la cuadrada, diente de sierra, ...



forma de onda

Una forma de onda no representa una sola frecuencia, sino que es la resultante de la fundamental y los armónicos. La fundamental es generalmente el armónico de mayor amplitud. En los otros armónicos la amplitud va disminuyendo conforme nos elevamos de la serie, variando también con respecto al tiempo. Estas variaciones vienen representadas por la envolvente ADSR (ataque, decaimiento, sostenimiento y relajación).



Pero en la práctica esto no es tan sencillo. Generalmente, los armónicos no son exactamente múltiplos enteros de las fundamentales. El ataque contiene casi siempre algo de ruido y es frecuentemente más complejo que la parte sostenida. El carácter periódico del sonido sólo existe en la parte sostenida. En algunos casos la amplitud de algunos armónicos es superior a la fundamental (piano). En los instrumentos de percusión las alturas están mal definidas y sus parciales son muy dominantes. Por tanto, el estudio de los sonidos de los instrumentos es algo que podríamos definir como las modificaciones de las reglas que intentan describir los fenómenos físicos.

c) Técnicas y módulos

Sintetizar un sonido quiere decir crearlo sintéticamente a partir de sus elementos. Combinando estos elementos se pueden obtener un número infinito de posibilidades, cualidad que lo diferencia de las ondas Martenot, en las que los sonidos son combinaciones de antemano por el fabricante.

Las técnicas actuales de síntesis de sonido son:

- Analógicas, en las que los timbres se obtienen a partir de formas de ondas: sinusoidal, dientes de sierra, cuadradas, similares a las ondas acústicas. Esta síntesis puede ser substractiva si a las ondas complejas y ricas en armónicos se les substraen ciertas partes; y aditivas, si a la combinación de sonidos más elementales se les transforman en más complejos.

- Digitales, cuando el cálculo del sonido se hace por medios matemáticos, mediante un ordenador programado para esta tarea. Análisis de Fourier.

- Híbridas, en las que participan ambos sistemas. Aquí los sintetizadores analógicos tienen generadores de envolventes, osciladores, y filtros, digitales. La mayoría de los sintetizadores actuales han abolido las diferencias entre analógico y digital.

El sintetizador no es realmente un instrumento porque consta de módulos independientes ensamblados en uno solo. La mayoría de estos módulos existían antes de la aparición del sintetizador. Su verdadero nacimiento fue en 1965 por Robert Moog, comercializado más tarde por Keith Emerson en el ámbito de la música rock y Walter Carlos en la contemporánea.

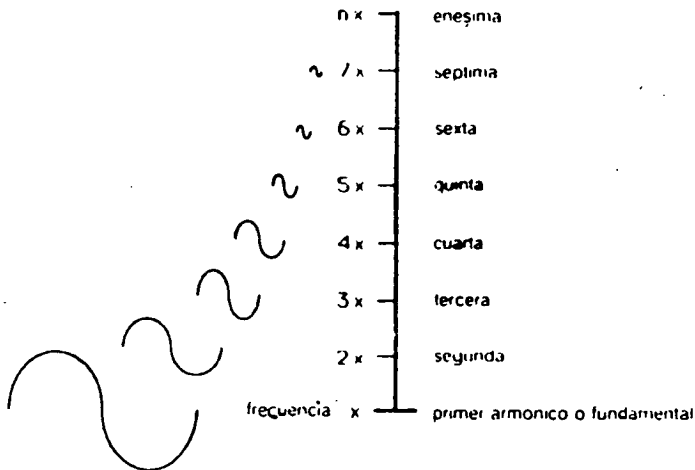
Los sintetizadores analógicos actuales son de hecho ordenadores especiales que se pueden programar, al estar controlados por microprocesadores que poseen memorias digitales.

Sus componentes son:

- VCO. Oscilador de voltaje controlado (analógico o digital). Transforma la electricidad en ondas periódicas (oscilaciones o vibraciones). Su número de vibraciones por segundo es la frecuencia que nosotros percibimos como altura.

Los osciladores producen diferentes tipos de onda, y necesitan de un amplificador par hacer audibles sus sonidos.

- VCA. Amplificador de voltaje controlado. Su función es generar a envolventes de amplitud ADSR. Ya dijimos anteriormente que un sonido no está formado por una sola frecuencia sino por una serie de armónicos, cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la fundamental.



- VCF. Filtro de voltaje controlado. Su misión es suprimir ciertos armónicos. Su acción precisa del color del sonido seleccionando ciertos armónicos.

- LFO. Oscilador de baja frecuencia que modula a ésta o a la amplitud de otro oscilador. Este segundo oscilador cuando modula la frecuencia produce un efecto de vibrato y cuando modula la amplitud un efecto de wha, wha.

- Generador de ruido. Es un oscilador que produce todo el espectro de frecuencia: ruido blanco. Previamente modulado este ruido blanco, nos ofrece toda la gama de efectos naturales y no naturales, disparos, ruidos, etc. Su fragmentación en duraciones cortas, ocasiona sonidos percusivos, que son incorporados en las cajas de ritmos.

- Modulador de anillo. Opera de la misma forma que un detector, aunque de forma matemática sumando y restando frecuencias: efectos de campanas.

- Secuenciador. Pueden ser analógicos o digitales. Como parte integrante del sintetizador, viene a ser una memorización, no del sonido o registro fabricado, sino de las notas producidas en el teclado, pudiendo reproducir cualquier secuencia rítmica o melódica. Su estructura es similar a la del magnetófono multipista, pero mientras éste registra el propio sonido, el secuenciador lo hace con toda la información generada al tocar el músico.

3.3. Interface MIDI

Hace años intentar comunicar un sintetizador a un ordenador o a una caja de ritmos o comunicarse entre sí los diferentes aparatos requería una gran dificultad y sólo podía hacerse con aquellos que fueran de la misma marca. Como consecuencia de ello, surgió la necesidad de encontrar un sistema con el cual pudieran transmitirse informaciones entre ellos. Esto ha sido posible por el interface MIDI.

El MIDI (Musical Instrument Digital Interface) permite el intercambio de informaciones entre los instrumentos musicales dotados de microprocesador.

Los actuales instrumentos electrónicos de música son verdaderos ordenadores especializados, al estar provistos de microprocesadores entre cuyas misiones está el transmitir al módulo que produce los sonidos los gestos del músico. Es decir, actuar de traductor, puesto que el músico no sabe hablar a su sintetizador en lenguaje de las máquinas (bits 1 ó 0).

El intercambio de informaciones entre los instrumentos corresponde a tareas musicales, que son posibles a través del MIDI. Este actúa como "interface físico" y como "norma" de comunicación. La norma MIDI es, por tanto, un lenguaje informático, estructurado para responder a las necesidades de la música, que demandará dos tipos de mensajes: el primero, notas que hay que tocar, con qué matices y sobre qué instrumentos y el segundo: en qué momento.

Estos mensajes se llaman respectivamente el "channel message" y "System message". Además existen otros como: start, stop, y continúe, que sirven para poner en marcha, parar, o continuar a secuenciadores, cajas de ritmo, etc., a partir de un teclado.

Es evidente que estos mensajes citados son comunes a todas las máquinas que respetan las normas MIDI, existiendo igualmente una categoría de mensajes MIDI que son particulares de cada máquina: "system exclusive", destinados a comunicar o almacenar los parámetros específicos entre dos máquinas iguales, o con un ordenador que tenga un programa de este uso específico.

Al disponer en la actualidad de sintetizadores polifónicos, cuyo hallazgo debemos a Dave Smith, nos encontrábamos con una nueva problemática, derivada de la opción de poder tocar varias notas a la vez a través de dicho sintetizador, problemática superada en el MIDI, con una memoria suplementaria "performance" con la que podemos indicar el timbre que va a tocar cada uno de los módulos con cada polifonía y sobre cada canal. Para poderlo realizar trataremos el sintetizador polifónico como si fueran varios sintetizadores independientes dentro de un módulo global.

El interface MIDI, en un principio efectuaba la adaptación entre el enlace digital MIDI y el ordenador. Al intentar comunicar el ordenador con varios sintetizadores se producen una serie de retardos en los encadenamientos; para evitar esto, se incorporan una serie de posibilidades al MIDI, entre los que destacamos: el MIDI Thru Box (caja a través Midi), que facilita su enlace directo con varios módulos. El Multiplexor, permitiendo al ordenador disponer de los 16 canales independientes (que dispone el Midi) sobre cada una de las salidas MIDI de un sistema multiplexado, y MIDI In, que tiene dos funciones distintas, una para poder tocar y grabar varias personas simultáneamente con un secuenciador, y otra en que una entrada permite sincronización MIDI, mientras que la otra entrada sirve para grabar.

Dentro de las últimas innovaciones en la norma MIDI, que le da una nueva prestación para los músicos, está la de MTC, Midi Time Code, para la sincronización del sonido y la imagen.

3.4. Programas musicales

A) Programas ya existentes

Disponemos actualmente en el mundo informático de una serie de programas musicales, de diversas funciones, entre los que destacamos:

- Programas secuenciadores, grabados de disco flexible, que permiten con el ordenador oportuno, crear secuencias musicales. Su ventaja es que al cambiar el disco, el ordenador que servía de secuenciador, se convierte en editor de sonidos y tratamiento de textos, permitiendo representar gráficamente la música y facilitando su edición.

- Programas para editores de partituras. El editor de partituras es un tratamiento de textos especializado para símbolos musicales e impresión de partituras. Unos son compatibles con el lenguaje de descripción Postscript, que les proporciona acceso a la impresora Láser y linotipias compatibles. Otros reciben su información de un teclado. Sus métodos de trabajo son: ratón paleta, ratón teclado, teclado ordenador y transcripción.

- Programas integrados: Secuenciadores con transcripción y editor con secuenciador integrado, que permite crear sus propios signos y darles cualquier función.

- Programas para editores-biblioteca, sintetizadores, muestreaderos y otros.

B) Posibles programas educativos

Estos programas educativos, ya aplicados a otras materias y reseñados anteriormente, en su proyección musical, deberían de contar con una serie de actividades encaminadas a favorecer el proceso del aprendizaje musical por medio de:

- Programas de instrucción y práctica. Su función sería de control y test, estimulando la respuesta por repetición, tanto de conceptos como de elementos musicales, parámetros de sonido, duraciones, matices, intervalos, etc., presentando ejercicios de reconocimiento y práctica. El orden de dificultad ofrecería la posibilidad de una adaptación en todo momento al nivel del alumno.

- Programas tutoriales. Servirán de ayuda y guía a conceptos musicales dados por el profesor o textos, por medio de métodos deductivos. Se podrían hacer con respuestas cerradas o libres, de forma que si la respuesta obtenida no es correcta, proporcione la explicación adecuada y complementaria para su resolución, facilitando, así, una enseñanza individualizada, adaptada a las circunstancias de cada alumno. Musicalmente, sus actividades podrían aplicarse a: conceptos dados, compases, células rítmicas, canciones, formas musicales simples, etc.

- Programas de simulación, demostración y juegos heurísticos. Cumplirían la función de verificación de hipótesis y toma de decisiones a través del descubrimiento y análisis de resultados. En estos programas, el método sería inductivo, en función de la observación, hipótesis y experimentación; y deductivo, en cuanto a la evolución de resultados como consecuencia de variaciones de parámetros. Resultarían muy interesantes en física de sonido, ritmos, melodías, armonía, contrapunto, etc.

- Programas abiertos. Proporcionarían elementos y estructuras, para facilitar la creación musical, así como determinadas tareas a realizar por el ordenador. Con ellos, el alumno estimularía su creatividad musical en polirritmia, melodías, etc.

- Programas de bancos de datos y sistemas expertos. Aunque realmente no son programas educativos, sí complementarían su utilidad. Los primeros como encargados de almacenar y recuperar informaciones musicales. Los segundos, de recoger y organizar los conocimientos del experto musical para desarrollar determinados temas y consultas sobre éstos.

3.5. Ordenadores musicales

El ordenador, como herramienta musical, es una máquina capaz de aceptar datos musicales a través de un medio de entrada (teclado, secuenciador, sintetizador, etc.), procesarlo automáticamente bajo el control de un programa musical previamente almacenado y proporcionar la información resultante utilizando un medio de salida (pantalla, sintetizador, impresora, etc.).

La generación de sonido por los ordenadores varía de unos a otros, pudiendo producir desde sonidos sencillos a espectaculares efectos sonoros, dependiendo de la complejidad del "chip" de sonido que lleve incorporado cada ordenador. Estos "chip", que posibilitan la generación de diferentes formas de ondas, variaciones de frecuencia, duración de tiempo, caracterización de envolventes, etc., pueden dar una música bastante notable, pero limitada. Un mejor tratamiento de estas funciones para generación de sonidos, así como la implementación de otras funciones, es lo que realizan los sintetizadores.

Hoy día existen en el mercado una serie de ordenadores adaptados a las necesidades musicales y con conexiones MIDI, para todos los módulos. Macintosh, Atari, IBM PC, Commodore Amiga, se reparten la competitividad en la Música. Cada uno con sus peculiaridades específicas los hacen más o menos atractivos al músico en función de sus utilidades.

4. CONCLUSION

Son varios los puntos que hemos tocado en este artículo que por sí solos merecían un estudio especial, pero la idea principal era dar una perspectiva de la situación actual, y lanzar un reto al futuro, a la espera de programas educativos musicales de calidad, que nos ayuden en nuestra labor pedagógica, y lograr que nuestros alumnos conozcan, experimenten y vivan la Música.