

{Serie(Secuencia)}.Música

Capítulo 2. La escucha mecánica

[Audio: Ville-Matias Heikkilä. *Bytebeat: Experimental music from very short C programs* (2011). Disponible [online](#)]

En el año 2011 el usuario de Youtube Viznut, detrás del cual está el artista, programador e investigador finlandés Ville-Matias Heikkilä, publicó en esta plataforma un video donde se escuchaban siete piezas de música que, aunque podrían parecer de estética 8-bits, en realidad distaban bastante de la característica música propia de los antiguos videojuegos, como el Tetris o Mario Bros. El video muestra también un galimatías de signos y código en el lenguaje de programación C, desarrollado alrededor de 1969.

Se trataba de trasladar a la tarjeta de sonido de un ordenador el resultado directo de un miniprogram de apenas unas líneas de código, cuyo algoritmo realizaba operaciones matemáticas y lógicas a nivel de bits sobre una variable que cuenta el tiempo. Este experimento daba como resultado un sonido rico en texturas, muy distorsionado y complejo rítmicamente al que Viznut denominó "Countercomplex".

Estas pequeñas cajas de música de 256 bytes responden a una serie de operaciones sobre números en la memoria del ordenador, cuyas variaciones y movimientos de ceros y unos generan artefactos sonoros. Una pequeña variación en el código que los produce puede provocar un cambio enorme en el sonido, haciendo de estas miniaturas unas esculturas lógicas tan frágiles como el cristal.

[Audio: Laurie Spiegel. "East River Dawn" en *Spiegel: The Expanding Universe*. Laurie Spiegel Publishing (2012)]

Una característica de la música hecha con algoritmos es que es posible establecer una relación directa entre la secuencia de las instrucciones ejecutadas y el resultado sonoro. Es decir, ser capaces de leer un bloque de código, e intuir cómo sonaría. Para eso, es preciso entrenar nuestro oído del mismo modo que lo educamos para apreciar una cadencia armónica o a reconocer el canto de una especie determinada de ave. Se trata, en definitiva, de desarrollar la escucha hacia el lenguaje musical de la lógica y las matemáticas.

Soy Jesús Jara López y este capítulo se titula "La escucha mecánica".

Compartir

Realización: Jesús Jara López

Licencia: Produce © Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía (con contenidos musicales licenciados por SGAE)

[Audio: Trevor Helminski. "Gray Summer" en *Pieces for Music Box* (2019). Disponible [online](#)]

La construcción de máquinas para hacer música podría remontarse hasta la Antigüedad. Las investigaciones sobre el tema afirman que los primeros autómatas anteriores al siglo XIX tenían como objetivo recrear la vida, y eran considerados instrumentos mágicos. Hay autómatas que imitan el canto de los pájaros o el movimiento de las personas al hacer las actividades más variadas como escribir, coser o tocar un instrumento musical.

Posteriormente, con la evolución de la industria, el diseño de instrumentos automáticos permitió reproducir sonidos a través de mecanismos cada vez más complejos, clasificados en idiófonos, aerófonos y cordófonos. Nacían entonces las cajas de música, los organillos mecánicos y toda una serie de pianolas de variadas formas y tamaños.

[Audio: Daniel D. Teoli Jr. *Dial-Up Modem Sounds* (2021). Disponible [online](#)]

El ordenador, a diferencia de los autómatas musicales, supone una evolución a este respecto porque puede realizar tareas de propósito general. Es decir, que un ordenador está diseñado para resolver cualquier tipo de tarea relacionada con la gestión de datos, no únicamente interpretar música. Mientras que una caja de música o una pianola sólo pueden hacer sonar una partitura dada, el ordenador puede ser programado para crear esa partitura, además de convertirla en sonido.

[Audio: Max Mathews & Joan Miller. *Daisy Bell (aka Bicycle Built for Two)* (1961). Disponible [online](#)]

La capacidad del ordenador para realizar cálculos a gran velocidad es lo que ha permitido a los compositores y compositoras del siglo XX y XXI explorar la creación musical a través de la programación informática, de formas muy diferentes y con resultados asombrosos.

[Audio: Yaxu (Alex McLean). *Solo live coding set at IFAI, Belgrave Music Hall, Leeds* (2015). Disponible [online](#)]

Como homenaje a la historia de la programación, propongo reinterpretar la instrucción *GO-TO*, esto es, la instrucción condicional que permite saltar a otra dirección de memoria dentro de un programa informático. Esta instrucción es considerada una mala práctica de programación y fue muy criticada históricamente por hacer los programas ilegibles, llegando incluso a tomar el apodo de "código espagueti". Este guiño a los inicios de la programación informática introduce las diferentes secciones en este capítulo, de modo que:

- Si tienes interés en las cadenas de Márkov, avanza hasta el minuto 7:20.
- Si lo tuyo son las gramáticas generativas, adelanta hasta el minuto 11:30.
- Si quieres escuchar música a partir de sistemas de autosemejanza, salta al minuto 13:50.
- Si por el contrario te interesa más la probabilidad y la estocástica, ve al minuto: 17:30.

O simplemente, continúa escuchando de forma ordenada.

[Audio: Laurie Spiegel. "From a Harmonic Algorithm" en *Unseen Worlds*. Spiegel Publishing (2019)]

"I got involved with computers in music out of frustration and other ways of doing music in part and also because of the incredible potential for combining the best of all other worlds... Let's say... the memory, the logic, the ability to interact with sound in real time has begun to be possible, the complete freedom to define any kind of world you want and work within it. And a different kind of general language for describing sound, in which you are not limited to... well, let's say, the way conventional notation is limited, in your thoughts... I started really with the imagination and the need to express things in music and the computer gave me a lot more freedom."

[“Me introduje en la computación a causa de la frustración que me generaban otras formas de hacer música —en parte— y también por su increíble potencial para combinar lo mejor de otros mundos, digamos, la memoria, la lógica, la habilidad de interactuar con el sonido a tiempo real... Ha comenzado a ser posible, la libertad completa para definir cualquier tipo de mundo que quieras y trabajar en él. Y un lenguaje diferente para describir sonido en el que no estás limitado a, digamos, la forma en la que la notación musical está limitada en tus pensamientos. Realmente comencé con la imaginación y la necesidad de expresar cosas con música y el ordenador me dio mucha más libertad”.]

Como comenta la compositora estadounidense Laurie Spiegel en esta entrevista, una de las características de los ordenadores es la capacidad de tener memoria. Este diseño se lo debemos en gran medida al matemático británico Alan Turing, y a su autómatas inventado en el año 1936. Se trata de uno de los primeros modelos capaces de procesar una serie de signos de forma secuencial y es antecedente de los lenguajes de programación procedimentales. En estos lenguajes, los programas van pasando de una instrucción a la siguiente, modificando el estado del programa en cada paso. Estos estados forman parte también de la base teórica de las cadenas de Márkov.

[Audio: Moritz Simon Geist. "A-rhythmic" en *Robotic Electronic Music*. Oh, my music! management UG (2018)]

Supongamos que analizamos una partitura sencilla, y anotamos en un papel cuántas veces aparece la nota Sol. Si además anotamos cuántas veces aparece Sol después de la nota Do, podríamos calcular la probabilidad para esa pieza de que ocurra la secuencia Do seguida de Sol. Si realizamos el cálculo con todas las posibles notas y muchas otras variables musicales en un conjunto representativo de piezas de un determinado estilo musical, podríamos construir un modelo que, una vez activado, crearía nuevas melodías que mantendrían de forma intrínseca las probabilidades de aparición de los elementos más frecuentes en dicho estilo.

Un ejemplo de esto lo encontramos en la obra para piano y electrónica *Pluton* de 1988 del compositor francés Phillipe Manoury. En ella, las cadenas de Márkov se utilizan para generar secuencias melódicas a gran velocidad que simulan clústeres de sonidos. Según el autor, estos modelos están inspirados en la escucha de los bancos de las aves migratorias.

[Audio: Peter Basset. *Weaver Birds*. BBC Sound Effects (1996)]

[Audio: Phillipe Manoury. *Pluton. For Midi Piano and Electronics*. Ondine (1998)]

[Audio: David Cope. "Concerto I" en *Virtual Bach: Experiments in Musical Intelligence*. Centaur Records (2003)]

Las cadenas de Márkov fueron usadas en profundidad por David Cope. Este compositor e investigador esencial en la historia de la música algorítmica desarrolló un sistema que denominó EMI (Experiments in Musical Intelligence) [Experimentos en inteligencia musical], como un conjunto de herramientas para la composición con ayuda del ordenador. Otra de esas estrategias son las gramáticas generativas, que fueron estudiadas por primera vez por el lingüista estadounidense Noam Chomsky en 1957. Las gramáticas generativas proponen un conjunto de reglas o principios que predicen las combinaciones correctas de elementos en una determinada lengua.

En una entrevista del año 2017 para el Computer History Museum, David Cope habla sobre los orígenes de EMI y del proceso de trasladar datos recogidos de música preexistente y su incorporación en un sistema de composición automático:

"Trabajaba desde el punto de vista de los datos, ya sabes, a partir de un grupo de datos, analizarlos, y después producir una pieza en el estilo de la música en la base de datos que requería poner una gran cantidad de datos en código, y en este caso eso significaba cinco parámetros y sus valores para cada una de las notas de estas composiciones. Esto fue antes de MIDI [Interfaz Digital de Instrumentos musicales], lo que lo hace ahora mucho más sencillo. Así que puse esos cinco parámetros dentro de cada nota de todas las corales de Bach, y muchas de las sonatas de Mozart. ¡Fue bastante trabajo solo esa rutina! Me levantaba por la mañana y trabajaba como cuando se practica un instrumento. Lo hice y me llevó años".

[Audio: Dmitry Kormann. *Anemona*. Disponible [online](#)]

La pieza *Anemona*, del compositor brasileño Dmitry Kormann introduce aquí uno de los ámbitos de experimentación con algoritmos más populares dentro de las artes, quizá por la fascinación que produce su observación directa en la naturaleza. Se trata de los algoritmos de autosemejanza. La autosemejanza es la propiedad de un objeto de que el todo sea semejante a alguna de sus partes, es decir, que un objeto sea similar a una parte de sí mismo. Los fractales, por ejemplo, son estructuras autosemejantes.

Dependiendo de la exactitud de esta semejanza podemos hablar de semejanza matemática, como el triángulo de Sierpinski o semejanza estadística como el brócoli romanesco o las formas de cierta orografía terrestre.

[Audio: Erika Nesse. "Walking Down a Gently Sloping Path" en *Let My Machine Talk to Me*. Terranean Recording (2016)]

Comprender esta propiedad y ser capaz de recrearla en un modelo matemático con código informático es lo que permite, por ejemplo, generar superficies terrestres hiperrealistas en videojuegos de forma generativa.

En la historia de la música con algoritmos se han utilizado sistemas fractales o sistemas arborescentes de forma abundante. Otro de los compositores que ha trabajado en estos sistemas es Denis Lorrain, compositor canadiense nacido en 1948 y que a lo largo

de su trayectoria ha sabido desarrollar todo un corpus artístico en el lenguaje de programación LISP, desarrollado en el conocido instituto estadounidense MIT en 1959 John McCarthy.

[Audio: Dennis Lorrain. *Construction 059. Streams of Khrónos, Movement A* (2019). Disponible [online](#)]

“Indirectly, it does have influence, because I am very interested in reading about science, and what ideas can come out of science. Looking at different possibilities, concepts, pictures of natural phenomena or structures is a good way to find ideas and inspirations. I think, so this is, in general I am open to such things.”

[“Indirectamente, tiene una influencia, porque estoy interesado en leer sobre ciencia, ver qué ideas surgen de las ciencias. Ver diferentes posibilidades, conceptos, imágenes de fenómenos naturales o estructuras es una buena forma de encontrar ideas e inspiración. Yo creo que en general estoy abierto a tales cosas”.]

En el caso de la pieza que hemos escuchado, Dennis Lorrain utiliza un piano controlado por MIDI. Estos instrumentos automáticos se han convertido en auténticos laboratorios de experimentación algorítmica al permitir la interpretación de partituras MIDI generadas a tiempo real. Sin embargo, los algoritmos también se pueden utilizar para la síntesis de sonido digital y no solo para la creación de partituras musicales.

[Audio: Iannis Xenakis. *Gendy 3. Taurhiphanie / Voyage Absolu Des Unari Vers Andromède / Gendy 3 / S.709*. Karlrecords (2022)]

A lo largo de su larga trayectoria, el compositor griego Iannis Xenakis, además de una extensa obra instrumental, también hizo uso de algoritmos para la síntesis de sonido.

Gendy 3, pieza compuesta por Xenakis en el año 1994, es un ejemplo de uso de la probabilidad que se aplica a nivel microscópico. El resultado de este algoritmo es una paleta de sonidos con diversos niveles de aperiodicidad, que percibimos como diferentes formas de ruido.

Tal y como explica el experto en Xenakis, Sergio Luque, en otras obras como *Pithoprakta*, Xenakis usa distribuciones de probabilidad para generar eventos sonoros para ser interpretados por la orquesta. Sin embargo, algunos años más adelante, se adentrará, junto con otros compositores y compositoras en la tarea de aplicar estas técnicas para calcular los valores de las diferentes muestras que componen un sonido digital.

En una entrevista, Xenakis explica este interés en el caos y la estocástica a partir de una experiencia vital personal en la Segunda Guerra Mundial. En ella nos explica cómo el sonido regular de los eslóganes de las protestas estudiantiles contrasta con el sonido caótico producido por la multitud tras los disparos del ejército Nazi.

“Yo tenía en la memoria todas aquellas escenas de manifestaciones que sucedieron en Atenas contra los Nazis con miles de personas con eslóganes que se convertían de repente en caóticos cuando los nazis comenzaban a disparar a la gente. Yo estaba allí porque era estudiante. Así que este cambio de algo muy rítmico hacia un fenómeno caótico que llenaba la ciudad con algo esencialmente importante, muy excepcional para mí. Debo de decir que fue algo que me marcó”.

**[Audio: *Politechnio 1973 – Athens Polytechnic Uprising – Sound Documents.*
Hellenicrecord (2006)]**

Todos estos ejemplos indican cómo una escucha atenta del entorno, junto con un pensamiento profundamente matemático, inspiran los algoritmos para la composición musical.