

{Serie(Secuencia)}.Música

Capítulo 3. La enseñanza automática

[Audio: International Astronautical Federation. *Entradilla del noticiario Universal News (1957)*. Disponible [online](#)]

El 4 de octubre del año 1957, en plena Guerra Fría, la Unión Soviética lanzó un cohete al espacio con el objetivo de poner en órbita la primera versión del satélite Sputnik. Se trataba de un artefacto, que solamente emitía pulsos regulares en forma de señales de radio, mientras daba vueltas alrededor de la Tierra.

[Audio: NASA. *Sputnik: Beep*. Disponible [online](#)]

Cuando los Estados Unidos de América se dieron cuenta de que la URSS les llevaba la delantera en la carrera espacial, dedicaron novecientos millones de dólares en un proyecto a siete años que denominaron "NDEA" (National Defense Education Act). El objetivo principal de este proyecto fue aumentar las vocaciones científico-tecnológicas, para incorporarlas a los programas de defensa mediante créditos y programas de becas para estudiar matemáticas, ciencias puras e idiomas.

[Audio: Ronald Reagan. *Discurso "Encroaching Control" (1961)*. Disponible [online](#)]

Dos días después de que Sputnik comenzara a surcar la ionosfera, un equipo de matemáticos y científicos de los laboratorios de la Universidad de Illinois dedicaron todo el poder de computación del ILLIAC, el Illinois Automatic Computer, construido en su laboratorio con fines educativos, para descifrar la trayectoria de la órbita del Sputnik.

[Audio: Educational Film Service. *Practicing Democracy in the Classroom (1953)*. Disponible [online](#)]

Con este descubrimiento, el gobierno de los Estados Unidos consiguió tranquilizar a la opinión pública de la Alianza Atlántica, lo que atrajo mucha más atención mediática que el otro gran logro que este mismo ordenador obtuvo aquel mismo año. Esto es, la

Compartir

Realización: Jesús Jara López

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

creación de la primera partitura musical gracias a algoritmos programados en un ordenador: la "Suite Illiac".

[Audio: Lejaren A. Hiller y Leonard Isaacson. "Illiac Suite (Experiment four)" en *Cybernetic Serendipity Music*. Interpretado por Illinois Composition String Quartet. ICA London (1968)]

Esta partitura para cuarteto de cuerda fue uno de varios experimentos desarrollados con modelos matemáticos. Estos modelos basados en análisis teóricos sobre estructuras musicales previas fueron realizados por los profesores e ingenieros estadounidenses Lejaren Hiller y Leonard Isaacson. Hoy en día, esta suite forma parte de la historia de la informática musical.

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

Puede parecer azaroso que el ordenador ILLIAC fuera el responsable de acontecimientos aparentemente tan inconexos. Sin embargo, a lo largo del siglo XX son muchos los ejemplos en los que los desarrollos tecnológicos, artísticos y educativos han estado motivados o condicionados por el conflicto y la guerra.

Soy Jesús Jara López y este capítulo se titula "La enseñanza automática".

[Audio: Les Voix Étrangères. *Épisode 32: Voix et Musique pour Ordinateur* (2020). Disponible [online](#)]

Además de descifrar la órbita del Sputnik y componer música, otro hito relevante en la historia del ordenador ILLIAC es dar soporte a una de las primeras plataformas de aprendizaje por ordenador, como el proyecto PLATO (Programmed Logic for Automatic Teaching Operations).

[Audio: *1960's PLATO Computer System - Computer Aided Learning CAI CBT CDC Control Data Educational*. Computer History Archive Project (2016). Disponible [online](#)]

Este sistema de enseñanza por ordenador que incluía contenidos de matemáticas, química, idiomas y música, es consecuencia del NDEA. Fue pionero en sus sucesivas versiones del desarrollo de herramientas tan importantes como los foros, el correo electrónico y los chats, así como el uso de pantallas táctiles o gráficas como recursos didácticos. En sus versiones iniciales también daba soporte al sintetizador electrónico Gooch Synthetic Woodwind.

[Audio: Christian Petzold. "Minueto en sol mayor", en una emulación del Gooch Synthetic Woodwind (2022)]

Con anterioridad a este proyecto, ya habían surgido otros esfuerzos por individualizar y automatizar la enseñanza y el aprendizaje. Tal es el caso de la "Teaching Machine" o "Máquina para enseñar", que el psicólogo e inventor Burrhuss Frederic Skinner diseñó hacia el año 1954.

[Audio: B. F. Skinner. *Teaching machine and programmed learning* (1954). Disponible [online](#)]

Este sistema pretendía automatizar la enseñanza mediante el uso de unas cajas donde el aprendizaje estaba estructurado en pasos y formaba parte de una investigación transversal sobre educación llamada "instrucción programada".

La investigadora Audrey Watters, en su trabajo de documentación de la historia de la enseñanza por ordenador cuenta que, aunque este desarrollo no obtuvo el éxito que esperaba entre el profesorado, el propio alumnado o la industria, este tipo de dispositivos de enseñanza automática son recurrentes en toda la historia de la educación del siglo XX.

[Audio: "Ángela Ruiz Robles" en *con ciencia*. RTVE (2013). Disponible [online](#)]

De hecho, en el contexto español, también existe una referencia de "enseñanza programada". Se trata de la *Enciclopedia Mecánica* inventada por la maestra gallega Ángela Ruiz de Robles en el año 1962, y cuyo prototipo se observa en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de A Coruña.

Esta inventora buscaba facilitar el aprendizaje. Para ello diseñó un dispositivo que alojaba al mismo tiempo, bobinas enrolladas con contenido pedagógico, un abecedario mecánico para practicar la construcción de palabras y cifras; y un espacio para escribir. Diseños posteriores, incluían audio pregrabado y retroiluminación.

[Audio: VVAA. "Bendrong" en *Java the Jasmine Isle*. Gamelan Music (2006)]

En cuanto a la automatización de la enseñanza musical, uno de los precedentes históricos más importantes se encuentra en la creación de los sistemas de cifrado musical numérico. La representación numérica de los sonidos de las notas musicales fue descrita ya por el filósofo suizo Rousseau en su *Disertación sobre la música moderna*, en 1743.

Entre otros tipos de cifrados, el cifrado musical numérico fue desarrollado más adelante por el "sistema Galin-Paris-Chevé", que asociaba números a las diferentes notas musicales con el objetivo de facilitar la lectura musical. Este sistema, aunque no llegó a ser incorporado completamente en Europa, sí que ha llegado a diversos países en Asia y América. Es también el principal sistema de notación musical del gamelán, instrumento de percusión tradicional de Indonesia.

La mayor crítica que ha obtenido la instrucción programada es la idea de pretender controlar el aprendizaje y guiarlo paso a paso. Esta perspectiva de la enseñanza plantea la presentación de los contenidos ya preparados y organizados en pasos. De esta forma impide al alumnado realizar el esfuerzo cognitivo que requieren el análisis, la toma de decisiones lógicas, la creatividad, la intuición o la abstracción. Además, coloca al estudiante en una posición pasiva que con frecuencia es percibida como aburrida y carente de significado real.

[Audio: Robert Gittings. "Action Beat" en *Classroom Projects*. Trunk Records (2013)]

Tal es la conclusión a la que llega Seymour Papert cuando escribió el influyente libro *Mindstorms: niños, computación e ideas poderosas* en 1980. La propuesta de Papert es exactamente la inversa: en lugar de dejar que las máquinas programen a nuestro alumnado, será el alumnado el que programe las máquinas.

[Audio: “Seymour Papert on Logo” en *New Mindstorms Tape 1 – Resonances* (1986). Disponible [online](#)]

De esta forma, se inició todo un movimiento para introducir la programación informática en las enseñanzas generales que se materializó en la creación, junto con Wallace Feurzeug y Cynthia Solomon de “Logo”. Se trata del primer lenguaje de computación diseñado para enseñar a programar. Sus gráficos lineales construidos mediante los movimientos de una tortuga han despertado numerosas vocaciones tecnológicas entre los niños y las niñas de las décadas ochenta y noventa. En una entrevista para el Medialab del MIT, Seymour Papert habla de su visión de la educación musical:

[Audio: *Seymour Papert describes how computers can be used to unleash children’s creativity*. MIT Media Lab (1985). Disponible [online](#)]

Seymour Papert: “Durante mucho tiempo, he soñado que la música debía tener un rol muy diferente en la vida de los niños y cómo aprenden. Sucede algo raro con la música... Y es que mientras esperamos que los niños y las niñas sean creativos en todas las otras áreas, en la música solo les pedimos que sean capaces de reproducir el trabajo creativo de otras personas. Les pedimos que dibujen sus propios dibujos, que escriban sus propias historias, que escriban sus propios poemas... Pero no esperamos que compongan su propia música. Y esta situación particular puede estar relacionada con la naturaleza de la tecnología musical. Con el ordenador como instrumento musical, se hace posible crear música y escucharla independientemente de las habilidades interpretativas de cada uno”.

El esfuerzo detrás de Logo es favorecer el pensamiento computacional, que va más allá de aprender programación o escribir código, sino pensar de forma lógica los pasos necesarios para resolver un problema en lugar de repetir intentos una y otra vez mediante prueba y error. Logo es también el precedente del actual y más extendido recurso para el desarrollo del pensamiento computacional: Scratch. Este programa ha sustituido la tortuga por la imagen de un gato y mantiene las propiedades gráficas de Logo, ampliándolas con las posibilidades de cualquier ordenador personal o *tablet* de hoy en día, esto es: crear animaciones, usar cámaras de video, interactuar con diversas interfaces táctiles y crear música.

[Audio: Eric Rosebaum. *Scratch Live Coding* (2011). Disponible [online](#)]

Esta pieza del educador Eric Rosenbaum interpretada en Scratch junto con los ejemplos anteriores demuestran que la música ha estado siempre muy presente en los esfuerzos por construir herramientas pedagógicas con tecnología. Estas composiciones han consistido históricamente en sencillas melodías y ritmos muy cercanas a la estética de los videojuegos, pero todo esto cambia en los años 2000 con la influencia del *live coding*.

[Audio: Binarysweets. “Circadian Rhythms” en *Synapse*. L. Bridge (2019). Pieza realizada en el lenguaje de programación musical y *live coding* Sonic Pi]

En la guía introductoria sobre *live coding* recientemente publicada por el Instituto Tecnológico de Massachusetts, en el MIT Press, se reconoce que la primera generación de *live coders* eran niños y niñas de los años setenta y ochenta de lugares tan dispares como Reino Unido, Argentina o Japón.

Commodores y Spectrum eran los primeros ordenadores que podían usar, generalmente compartiendo con hermanos y familiares y con un potencial limitado para desarrollar su creatividad. En los pocos centros educativos donde se fueron usando ordenadores, comentan los autores de esta guía, las tareas que se planteaban para el aprendizaje rara vez estaban relacionadas con el arte, sino con tareas monótonas más típicas del trabajo de oficina.

El actual "Movimiento STEM", que promociona el interés por las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas surge en la década de los noventa por razones muy parecidas por las que se generó el NDEA, es decir, promover las vocaciones científico-tecnológicas. Este movimiento, sin embargo, está siendo criticado por su aproximación sesgada de la realidad.

Al preocuparse únicamente por el punto de vista técnico, obvia la necesaria interdisciplinariedad en la aproximación a la solución de problemas, incluyendo miradas como la ecología o las humanidades, que tan necesariamente deben estar presentes en los circuitos científico-tecnológicos. De ahí que muchas instituciones y programas hablen del "Movimiento STEAM" con "A" de artes: artes plásticas, artes escénicas o música.

[Audio: OLAMINA. "07202024[03-33]" en 34RTHS33D: 07202024 (2021). Disponible [online](#). También programado con Sonic Pi]

Es por eso por lo que ya en nuestra época nos encontramos con programas de ordenador con los que fácilmente y a corta edad podemos programar música usando código informático. Tal es el caso, por ejemplo, de Sonic Pi, desarrollado por Sam Aaron en el 2012 para la Fundación Raspberry Pi en asociación con un equipo de investigadores de la Universidad de Cambridge. Este programa simplifica en muchos aspectos la tarea de crear música por ordenador, pensado para que cualquier niño o niña pueda acercarse a la programación musical mediante algoritmos.

Pero no solamente es interesante crear música para aprender a programar, sino que, mediante el uso del código informático como lenguaje musical, estamos abriendo las puertas, en la enseñanza de la música actual, a lenguajes musicales propios del siglo XX. La música electrónica, la música electroacústica o el paisaje sonoro, son lenguajes para los que la representación musical tradicional basada en pentagramas queda muy limitada.

El código no solamente empodera al alumnado en el uso de la tecnología de una forma creativa y menos consumista, sino que, en el contexto de la educación musical actual nos permite ampliar la definición de música que manejamos. Por otro lado, nos permite acercar las aulas a un contexto sonoro más real que nuestro alumnado vive fuera de ellas.

Han pasado muchas cosas desde aquellos primeros experimentos en composición algorítmica realizados con el computador ILLIAC. Desde entonces, muchos compositores y compositoras han continuado experimentando e investigando con el ordenador en su proceso creativo. Sin embargo, el imaginario tecnológico se está transformando. El ordenador y los algoritmos pasan de ser percibidos como meras herramientas a algo muy diferente, algo dotado de conciencia propia y capacidad de decisión, algo dotado de vida.

[Audio: Max Mathews & Joan Miller. *Daisy Bell*. Bell Labs (1961)]

Cuando Hall 9000 canta "Daisy Bell" en la película *2001: Odisea en el espacio* de 1968, difícilmente nadie podía imaginar que esa referencia a la infancia de la computación se haría tan poderosa décadas después del futuro tecnológico que presenta la película.

La inteligencia artificial surge como disciplina a finales de la década de los años cincuenta. Sin embargo, no es hasta el año 2012 cuando la ingeniería de computación permite construir ordenadores de consumo lo suficientemente potentes para poder entrenar modelos y redes neuronales para usos prácticos. Es entonces cuando surgen las herramientas de recomendación en plataformas de comercio electrónico o los procesadores de lenguaje natural. Además, se mejoran otras herramientas existentes, como la generación automática de música, como en el ejemplo que escuchamos ahora.

[Audio: Fragmento musical generado con Soundful]

Irónicamente, a lo largo de estos años se ha investigado mucho sobre pedagogía en el área tecnológica, en cómo enseñar eficazmente a los ordenadores. Hemos pasado de diseñar máquinas para automatizar la enseñanza de personas a mecanizar el aprendizaje de máquinas, enseñándolas primero a aprender de las personas, y posteriormente a aprender de forma autónoma, de otras máquinas.

Es evidente que urge introducir una alfabetización del aprendizaje automático o *machine learning* en las escuelas, desarrollar una mentalidad crítica sobre el uso y el mal uso de la tecnología, establecer regulaciones que protejan a la sociedad de las innovaciones tecnológicas y sensibilizar sobre el potencial que estas herramientas tienen y cómo nos pueden ayudar.

No hay que olvidar cual es el objetivo principal de la educación musical hoy. En una entrevista para la BBC de finales de los años ochenta, la pionera de la música electrónica Wendy Carlos habla acerca de la democratización de la educación musical del futuro, ahora nuestro presente.

[Audio: Entrevista a Robert Moog y Wendy Carlos. Disponible online]

Wendy Carlos: "Ahora podemos tener una democratización de la música como nunca antes había ocurrido. Incluso a pesar de volver loca a mamá en el salón, solamente unos pocos niños pueden aprender a tocar el piano. Sin embargo, una gran cantidad de nosotros podemos aprender a usar ahora nuestros ordenadores y nuestros teclados para tocar música. Cuanto más se desarrolle su apetito por delicadezas, por el sushi, por los platos de Oriente Medio, por cosas que no han probado antes, sus apetitos se ampliarán más y serán capaces de entender y amar un rango más profundo de obras maestras en el futuro".

La música, sigue acompañándonos como sociedad, adaptándose a los cambios y a los avances técnicos. Y como dijo esta gran compositora y visionaria: "si elimináramos toda la música, la inventaríamos de nuevo. Quitad la música de un par de generaciones y la desarrollaríamos de nuevo completa otra vez".

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