



La composición musical modelada como un problema de inteligencia artificial: perspectivas técnicas y estéticas

Alberto carretero Aguado



**LA COMPOSICIÓN MUSICAL MODELADA COMO UN PROBLEMA DE
INTELIGENCIA ARTIFICIAL: PERSPECTIVAS TÉCNICAS Y ESTÉTICAS**

Alberto Carretero Aguado

1.- RESUMEN

El avance de la tecnología musical en las últimas décadas ha abierto un nuevo panorama para la creación musical actual. De esta manera, se ha convertido en una herramienta fundamental para tareas avanzadas específicas de compositores, intérpretes y musicólogos. Dentro de la tecnología musical, cobra especial importancia la Inteligencia Artificial, definida por Stuart Russell y Peter Norvig como “la construcción de agentes que se comportan racionalmente (dados los recursos disponibles)”¹. Los autores Rich y Knight la explican con cierto sentido del humor como “el estudio de cómo lograr que los computadores realicen tareas que, por el momento, los humanos hacen mejor”².

En este artículo nos acercaremos a las relaciones y aplicaciones de las técnicas de Inteligencia Artificial con la Música desde un punto de vista compositivo, interpretativo y teórico. Con estas bases, modelaremos la Composición Musical como un problema de Inteligencia Artificial, de la misma manera que se resuelven otros como el Reconocimiento de Voz o la Visión Artificial. Dicho estudio servirá como soporte para establecer algunas consideraciones técnicas y estéticas que pueden suponer retos

¹ Peter Norvig y Stuart Russell. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Tercera edición. Prentice-Hall, 2009.

² Kevin Knight y Elaine Rich: Artificial Intelligence. McGraw-Hill, 1991.

para el compositor, y que nos permitirán extraer conclusiones desde un punto de vista de investigación en creación musical.

2.- USOS MUSICALES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La Inteligencia Artificial puede desempeñar tres, o más bien cuatro, grupos de funciones básicas en la teoría y práctica musical:

- 1) Por un lado, es posible aplicar estas tecnologías para imitar funciones propias del ser humano como la escritura musical o la práctica instrumental. La ventaja que presenta esta aplicación es la capacidad de cálculo y la velocidad de procesamiento de un ordenador, que puede hacer mucho más eficientemente las tareas mecánicas.
- 2) Una segunda vía es extraer de la Inteligencia Artificial un conocimiento científico nuevo y útil en el campo de la Musicología o el Análisis. Se trata de ampliar el campo de la Teoría Musical mediante las aportaciones de la tecnología informática aplicada.
- 3) La tercera rama corresponde a un estudio de Psicología Aplicada, utilizando las máquinas para modelar la cognición y la inteligencia del ser humano, en relación con la experiencia musical. Un ejemplo de esta tendencia, en el campo de la Pedagogía Musical, viene recogida en el artículo “Intelligent Tutoring Systems: New Realms in CAI?” de John Wm. Schaffer³, donde se proponen sistemas virtuales de tutorización de alumnos basados en Inteligencia Artificial. Estos sistemas se basan en un profundo estudio de la cognición y el aprendizaje del ser humano, con el objetivo de servir de apoyo a un estudiante de música.

³ John William Schaffer. “Intelligent Tutoring Systems: New Realms in CAI?” en *Music Theory Spectrum* vol. 12, n.º. 2 (otoño, 1990). California, University of California Press - Society for Music Theory, 1990: pp. 224-235.

- 4) Además de estas tres ramas estudiadas tradicionalmente, que son las que comenta Curtis Roads en su artículo “Research in Music and Artificial Intelligence”⁴, nosotros proponemos la que podría ser una cuarta rama, de gran interés para nuestro trabajo, aunque lógicamente hunde sus raíces en las tres ramas anteriores. El cuarto enfoque consiste en usar la Inteligencia Artificial en Composición Musical para llegar a ideas y procesos que no habían sido tenidos en cuenta anteriormente y que nacen a partir de la experimentación creativa del compositor.

3.- LA COMPOSICIÓN MUSICAL MODELADA COMO PROBLEMA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Llegados a este punto, intentamos modelar la Composición Musical como un problema de Inteligencia Artificial, que abordaremos con distintas técnicas de resolución de problemas. Los principales elementos a tener en cuenta al modelar este problema concreto son:

- La elección de una estructura de datos para medir y representar los eventos musicales y sus parámetros sonoros.
- La interpretación que harán de estos datos los algoritmos de Inteligencia Artificial implementados en el ordenador.
- La manera de procesarlos para obtener resultados musicales convincentes.

Nos encontramos problemas similares a los que encuentran otras facetas de la Composición Algorítmica o la Composición asistida por ordenador, tanto para Música instrumental, como para la Música electroacústica o mixta. La resolución del problema a la que lleguemos, cuyo objetivo es conseguir un resultado artístico, no será la única ni demostrable con total objetividad haciendo uso de herramientas matemáticas o empíricas (con métodos cuantitativos o cualitativos).

⁴ Curtis Roads. “Research in Music and Artificial Intelligence” en *Journal ACM Computing Surveys (CSUR) Surveys* vol. 17 n°2, junio de 1985. Cambridge, The MIT Press, 1985: pp. 163-190.

El modelado de los procesos compositivos entraña además problemas estéticos y estilísticos que no pueden ser pasados por alto. Para lo tanto, conviene contrastar diversas corrientes de pensamiento musical que nos ayuden a esclarecer una estética de la música compuesta con la asistencia del ordenador y la Inteligencia Artificial. Por lo tanto, analizamos en el siguiente apartado las consideraciones estilísticas que deben ser tenidas en cuenta para que los resultados obtenidos sean musicalmente satisfactorios. Para ello, deben existir puntos de intersección con la tradición musical europea y extraeuropea a lo largo de toda la Historia, considerando aspectos formales y estructurales que siguen estando vigentes.

4.- CONSIDERACIONES DE ESTILO Y ESTÉTICA

En primer lugar, deberíamos plantearnos qué funciones pueden desempeñar el ordenador y las técnicas algorítmicas en el desarrollo del lenguaje personal de un compositor y sus principios estéticos, así como las posibles vinculaciones con la tradición musical occidental y las técnicas de Composición propias de cada estilo.

Chris Dobrian, en su artículo “Music and Artificial Intelligence”⁵ propone tres posibles aproximaciones a este problema. Una de ellas sería el uso de la tecnología para repetir mecánicamente funciones ya existentes en el compositor, como podría ser la revisión de alteraciones en una partitura.

Otra opción sería programar el ordenador de manera que simule la inteligencia humana, realizando tareas más complejas de manera sistemática y “aprendiendo” de sus aciertos y errores a partir de un conjunto de ejemplos. Para ello serían necesarios unos profundos estudios de Psicología Aplicada y explorar los modelos del conocimiento e inteligencia del ser humano. Encontramos un ejemplo de estos estudios en el artículo sobre la simulación de la interpretación musical humana mediante algoritmos de

⁵ Chris Dobrian. “Music and Artificial Intelligence” en Internet.
URL: <http://music.arts.uci.edu/dobrian/CD.music.ai.htm>, 1993. (Última consulta: 30 de marzo de 2013).

Inteligencia Artificial implementados en máquinas, propuesto por Alexis Kirke y Eduardo Reck Miranda⁶.

Finalmente, la tercera aproximación de Chris Dobrian sería enriquecer el lenguaje personal del compositor mediante técnicas algorítmicas que realicen trabajos que él mismo no podría alcanzar manualmente, llegando incluso a obtener resultados que nunca antes había imaginado, encontrados gracias a una profunda exploración de estas técnicas.

Según nuestro criterio, las dos últimas aproximaciones serían las más fructíferas desde un punto de vista creativo y, mientras que la segunda de ellas corresponde más bien a una aplicación o implementación de los recursos compositivos que ya conocemos, la tercera vía supone una verdadera generación de conocimiento nuevo, es decir, el objetivo fundamental de cualquier investigación y creación musical.

La fascinación por el empleo de las últimas técnicas o tecnologías disponibles en cada momento de la historia ha sido un factor común en muchos compositores, que han intentado integrar éstas en su lenguaje. Algunos ejemplos típicos son el uso del sistema de afinación temperada en la obra de Johannes Sebastian Bach (destacando su *Clave bien temperado*), el uso del clarinete en la música mozartiana o la extensión del registro y los recursos instrumentales en la música pianística de Ludwig van Beethoven.

5.- RETOS TÉCNICOS

El trabajo con técnicas algorítmicas e Inteligencia Artificial en la Composición asistida por ordenador presenta cuatro retos técnicos que suponen también un posicionamiento estético, lo cual influye en los rasgos estilísticos de la música que se genera:

⁶ Alexis Kirke, Eduardo Reck Miranda. "A survey of computer systems for expressive music performance" en *ACM Computer Survey* 42, nº 1, artículo 3 (diciembre 2009), Plymouth, ACM, 2009. pp. 1-41.

- El primer punto sería elegir una manera de cuantificar y medir los impulsos o materiales musicales que se darán al sistema como entrada.
- El segundo punto sería encontrar una forma de representar esta información, encontrando un equilibrio entre la eficiencia y la potencia expresiva que recoja todos los detalles posibles, pero sabiendo que siempre la notación musical supone una cierta pérdida de información con respecto al hecho sonoro real, del que es prácticamente imposible representar absolutamente todas sus características y parámetros.
- El tercer punto corresponde a la manera que tiene el ordenador de entender la semántica de la información simbólica recibida a la entrada, es decir, comprender de alguna manera el significado de los datos de partida para interactuar con ellos en diversos procesos y devolver al compositor unos resultados musicales.
- Por último, el cuarto punto problemático sería decidir cuál será el trabajo que realizará el sistema con la información musical y qué criterios utilizará para obtener unos datos de salida.

Otro aspecto estético importante a tener en cuenta en el empleo de estos procedimientos es el concepto de error asociado al trabajo humano. El compositor debe plantearse hasta qué punto se permiten unos márgenes de error en los datos musicales de entrada o salida, e incluso, decidir si es deseable introducir este factor de imprevisibilidad que simule lo natural e imperfecto, más humanizado, que camufle el carácter “artificial” de estas herramientas informáticas. Un ejemplo de esta aproximación lo podemos encontrar en la obra *Horos*, de Iannis Xenakis, en la que el autor toma los cálculos computacionales como punto de partida y modifica algunos de ellos libremente con criterios de instrumentación, orquestación, forma y estética.

Un problema generalizado que se encuentra en los estudios sobre la Composición Algorítmica o la Inteligencia Artificial con fines creativos es el exceso de contenidos técnicos o explicaciones específicas sobre la implementación y el

funcionamiento de estos sistemas. Sin embargo, existen carencias en el número de aplicaciones reales en ejemplos musicales que impliquen además una valoración con juicio estético y artístico de los resultados obtenidos.

6.- CONCLUSIONES

Para paliar la escasez de planteamientos estéticos sobre la Composición Algorítmica modelada como problema de Inteligencia Artificial resulta necesario adoptar una actitud crítica desde las dos partes, es decir, la técnica y la artística. Para ello es necesario evaluar las aplicaciones musicales y el interés estético de los resultados obtenidos, apoyándonos en el análisis de ejemplos que ya forman parte del repertorio reconocido de música actual.

A la hora de asociar el juicio estético con el material musical, nos encontramos con el problema de que la máquina no es capaz de discernir entre lo que presenta interés artístico y lo que no. Para ello proponemos dos posibles soluciones:

Por un lado, hacer uso de la “Inteligencia Natural” mediante la supervisión del compositor o experto en la materia, que sea capaz de seleccionar los resultados que merece la pena aprovechar para la composición de la obra y desechar los que no son lo suficientemente sólidos para este fin.

La otra vía sería intentar “entrenar” al ordenador para que simule los juicios estéticos humanos, haciéndole aprender mediante la valoración diferentes ejemplos de calidad reconocida para que pueda extrapolar estos principios generales a cualquier otro material musical generado algorítmicamente.

Otro de los problemas que nos encontramos en la revisión de fuentes bibliográficas sobre el tema es el gran número de trabajos que centran sus técnicas algorítmicas o de Inteligencia Artificial en la selección de las alturas, intentando justificar frecuentemente la elección de cada nota en el pentagrama. Incluso podría

parecer que la generación de alturas por ordenador es una garantía de calidad o interés musical, con lo cual estamos poco o nada de acuerdo.

Sin embargo, se tratan muy poco aspectos como el timbre, las cualidades texturales, los procesos armónicos con independencia de las alturas, las relaciones temporales y rítmicas, etc. Además, resulta muy importante que el compositor sea consciente no sólo de cómo ha generado los materiales de su obra, sino de por qué los ha generado así y qué pretende conseguir con ellos. En este campo, la responsabilidad queda en manos exclusivamente del ser humano, es decir, depende del oficio, la formación y el buen gusto del compositor, que consiga hacer un trabajo coherente y bello al mismo tiempo. En otras palabras, consideramos que la obra musical debe satisfacer simultáneamente a los sentidos y al intelecto.

Chris Dobrian⁷ interpreta que quizás una de las principales causas de esta tendencia generalizada sea la mayor facilidad y seguridad de hablar acerca de una metodología de trabajo, con unas reglas bien establecidas, antes que sumergirse en el significado artístico y profundo de éstas, que puede ser más complejo y resbaladizo. Sin embargo, para musicólogos, compositores, intérpretes y otras personas interesadas, sería mucho más revelador conocer qué y por qué compone con estas técnicas que saber exclusivamente cómo lo consigue.

Aquí viene uno de los principales dilemas estéticos de la utilización de estas técnicas compositivas. Los ordenadores y, por tanto, los algoritmos ejecutados en ellos, en principio, sólo son capaces de “saber” cómo funcionan los procesos, es decir, cuál es la metodología a seguir a partir de unos estímulos de entrada. La componente artística y estética debe proceder necesariamente del exterior, de ahí que hablemos de Composición asistida por ordenador y no de composición realizada por el ordenador. Este dilema ha suscitado importantes polémicas durante el S.XX y siguen salpicando en la actualidad, no sólo en el campo de la denominada “computer music” (música por ordenador), sino en la Informática y las tecnologías en general. Alan Mathison Turing⁸

⁷ *Ibíd.*

⁸ Alan Mathison Turing (1912 – 1954) fue un matemático, informático teórico, criptógrafo y filósofo inglés, uno de los referentes fundamentales en la computación y la Inteligencia Artificial.

ha sido uno de los pensadores más involucrados en la resolución de estos problemas, tal y como revela en algunas de sus obras más importantes⁹.

Los oyentes que van a escuchar una obra de nueva creación tienen claro desde el primer momento que toda la responsabilidad sobre el funcionamiento de la música recae en el compositor, suponiendo unas condiciones óptimas de interpretación. El hecho de que el material haya sido generado con la ayuda del ordenador o no, resulta completamente irrelevante y lo que verdaderamente importa es el resultado sonoro que se percibe. Por lo tanto, el uso de algoritmos de Inteligencia Artificial, no debe ni puede ser entendido como una delegación de responsabilidades por parte del compositor. No es posible justificar una música de calidad mediocre por el mero hecho de haber sido construida con unos algoritmos poco idóneos para el resultado que se esperaba conseguir. Consideramos que la intención del compositor debe ser siempre la de obtener el mejor resultado posible, con la mayor calidad artística. Además, el hecho de obtener resultados compositivos de calidad mala o mediocre no es una consecuencia directa ni exclusiva de la Composición asistida por ordenador, sino que sucede de la misma manera usando los medios tradicionales y no algorítmicos.

La musicología y la crítica musical encuentran serios problemas para el análisis técnico y estético de las obras compuestas haciendo uso de las técnicas informáticas que abordamos en este trabajo. Por un lado, encontramos muchos trabajos de Composición y Análisis que por el mero hecho de basarse en unos cálculos complejos realizados por ordenador parecen impresionar al público y a los estudiosos menos especializados en tecnologías. Existe entonces una especie de “brecha digital” que hace difícil la aproximación a la música y los análisis que emplean estas técnicas, es decir, se crea una barrera de conocimiento que hace difícil juzgar su calidad artística y arquitectónica. Es verdad que un cierto dominio de las tecnologías informáticas hacen más sencillo la evaluación y el estudio de estos trabajos, pero en ningún caso el método o la herramienta técnica debe impedir un juicio estético bien fundamentado, que se centre en el resultado sonoro que ha conseguido el compositor y qué motivaciones le hicieron buscar ésa y no otra solución.

⁹ Alan Mathison Turing. *Collected Works: Pure Mathematics, Mathematical Logic, Mechanical intelligence, Morphogenesis* Elsevier, Arjen Sevenster - R.O. Gandy, 2001.

Un aspecto importante en cuanto a estética y estilo a la hora de considerar la Composición Algorítmica es intentar diferenciar el límite que separa los siguientes elementos:

- La programación del sistema informático que genera tanto el material como los procesos sonoros.
- El pensamiento compositivo subyacente que trasciende la parte técnica.

En muchos casos, parece que el compositor invierte mucho más tiempo en la primera parte que en la segunda, sin embargo, resulta muy difícil establecer una diferenciación clara entre ambas partes. En realidad, cuando el compositor está programando el sistema que producirá elementos musicales está realizando también un esfuerzo de abstracción y una planificación arquitectónica propia del trabajo compositivo “manual”. El compositor pretende comunicar y expresar algo mediante los sonidos que el sistema calcula, y para ello ha tenido que programar la máquina de acuerdo con sus intereses de estética y estilo, es decir, ha debido codificar las características de su lenguaje personal para obtener unos resultados satisfactorios artísticamente. En resumen, la división tan clara que hacíamos unas líneas más arriba, es muy complicada, de ahí que la reflexión sobre este aspecto sea un elemento clave.

Probablemente, sea necesaria una mayor perspectiva histórica para poder analizar y formar una crítica sólidamente argumentada acerca de la Música Algorítmica. De momento, la “intuición y el gusto”, según indica el mismo Pierre Boulez en su artículo “Le Goût et la Fonction”, dentro del libro *Points de repère* (Puntos de referencia)¹⁰, son las herramientas más importantes de las que disponen musicólogos, compositores, intérpretes y amantes de la música en general.

¹⁰ Pierre Boulez. "Le goût et la fonction" en *Points de repère*. Paris, Editions Seuil, 1985: pp. 32-53.