

## POSTLUDIO. PARADOJAS TECNOLÓGICAS DE LA HISTORIA: CÓMO APROVECHARLAS PARA ENFOCAR LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL DE MANERA SOSTENIBLE

JUAN G. CORVALÁN

Las personas humanas mejoramos nuestras actividades gracias a las máquinas y a las TIC (tecnologías de la información y de la comunicación). Con el desarrollo de la técnica, los avances tecnológicos y las revoluciones industriales, aumentamos la productividad y optimizamos exponencialmente la ecuación tiempo y espacio<sup>(1)</sup>. Pero a veces, más es menos; o no siempre, más, es más. Si usted tuviese que apostar, ¿es el código Morse más rápido que los SMS? Jay Leno, el popular conductor de un programa televisivo en Norteamérica, puso a competir en vivo a estas dos TIC. El resultado, el código Morse fue más rápido. En ambos casos, un ser humano trabajó con dos máquinas distintas, y tenían el mismo objetivo: enviar un mensaje a distancia. En YouTube puede ver cómo lo “antiguo” puede ser más veloz que lo “nuevo”<sup>(2)</sup>.

Hace 50 años se estrenaba la famosa serie *Los autos locos* (*Wacky Races*). En la Argentina se emitió y popularizó en las décadas de los '80 y los '90. Esta serie, en gran medida, demuestra las asimetrías entre los corretores y entre los autos. El *Roco Móvil*, un “auto” del estilo Pedro Picapiédras, el *Espantamóvil*, el súper convertible, el *Stuka Rakuda* que vuela, el *Compact Pussycat*, entre otros. El que más se destaca es el Súper Ferrari o el auto doble cero, conducido por Pierre Nodoyuna y Patán, el perro que se ríe muy gracioso. Este auto es muy rápido y tiene muchas armas ocultas para perjudicar a otros vehículos. Pierre y Patán quieren ganar a cualquier costo, y por eso podrían ser entusiastas de las redes neuronales artificiales. Aunque el Súper Ferrari nunca ganó una carrera, estos dibujos animados dan cuenta de un fenómeno paradójal que se dio en las grandes ciudades del siglo XX.

(1) Ampliar en, BID. Conexión INTAL (2016), “Las 10 tecnologías que tendrán mayor impacto en nuestras vidas” [En línea], <https://bit.ly/2GG7rpm> (consulta el 22/05/2018).

(2) Véase en línea: <https://www.youtube.com/watch?v=pRuRE-Bwk1U> (consultado el 15/10/2018).

El automóvil particular produjo una disminución de la velocidad respecto del carruaje y los caballos en las grandes ciudades. En 1900 un caballo y una calesa podían cruzar el centro de Los Ángeles o de Londres, más del doble de velocidad que en 1961, y casi tan deprisa como puede hacerlo hoy un automóvil a las cinco de la tarde. Incluso, hoy la tecnología victoriana conocida como “bicicleta”, puede ser más rápida que los autos particulares<sup>(3)</sup>. Esta paradoja, no es solo una cuestión de velocidad o tiempo. En realidad, refleja cómo se puede perder mucha “vida” en las ciudades, cuando no encuadran las innovaciones de un modo sostenible. Las ciudades inteligentes, inclusivas, respetuosas del medio ambiente y enfocadas en privilegiar a los peatones o a los ciclistas que se intentan promover en este siglo, en parte responden a que muchas veces hemos fomentado el avance de ciertas innovaciones técnicas o tecnológicas, sin que importen mucho los resultados a mediano y largo plazo.

El avance de los automóviles, con todo lo que eso ha implicado para las ciudades y para las vidas humanas, refleja cómo hay ocuparse de que las innovaciones sean sostenibles. Debemos aprender de estos ejemplos, para que la IA no siga el ejemplo del crecimiento de los autos particulares. De otro modo, en muchos casos podría convertirse en Pierre Nodoyuna y Patán, aunque no se ría como este gracioso perro o nunca le gane a Penélope Glamour.

## I. EL CANTANTE SIN VOZ Y LA BATALLA DE METALLICA

Frank Sinatra y Michael Bublé, esposo de Luisana Lopilato, tienen algunos puntos en común. Uno de ellos es el tipo de micrófono de pie que usaban (micrófono baladista). En una versión farandulesca vernácula, este micrófono lo popularizó Jorge Rial cuando hacía su presentación diaria de “Intrusos en el espectáculo”. Aunque, hoy en día, nos parece una obviedad hablarle a un micrófono todo el tiempo (mucho más con la llegada del COVID), no solemos asociar nuestra falta de humanidad, porque en la mayoría de video llamadas, mensajes de voz de WhatsApp, llamadas telefónicas y casi toda la música que proviene de Spotify o YouTube, se generaron con máquinas que filtran nuestras voces. Pero esto no siempre fue así.

Uno de los primeros cantantes sin voz apareció en Francia, en 1936. La gente llamó al cantante innovador Jean Sablon, el “cantante sin voz”. Gracias al micrófono, pudo cantar con suavidad, susurrando, aunque muchos otros consideraban que no era auténtico. Al menos, esa era la visión

---

(3) Véase, Mumford, Lewis, *La ciudad en la historia*, Pepitas de Calabaza###, p. 307; Wajcman, Judy, *Esclavos del tiempo*, Paidós, México, 2017, p. 87.

de uno de los cantantes sin micrófono a principios de siglo XX. Marcel fue un cantante popular durante el período entre las dos Guerras Mundiales y relató, con mucha precisión, cómo un aparato lo cambió todo. “Canté en los mejores teatros, canté en las más grandes salas. Me acompañaban grandes orquestas con más de 20 músicas. Pero nunca, y yo quiero decir nunca, canté en el escenario con un micrófono. Yo era un verdadero cantante, tenía una voz dorada. No necesité del micrófono para acercarme a mi público”<sup>(4)</sup>. Aunque el micrófono no fue combatido como la imprenta y los libros, la historia de músicos y sonidistas es muy reciente, aunque sus inicios reflejan un patrón común al surgimiento de nuevas tecnologías: que muchas personas afirmen que “no se es humano” o que “se es menos humano”, cuando se utilizan máquinas para mejorar, complementar o transformar habilidades y destrezas.

La disconformidad de Marcel y la aparición del micrófono fueron muy pequeñas si las comparamos con otros conflictos que surgieron con la tercera revolución industrial (computadoras e internet). En definitiva, la historia de personas vs. máquinas presenta una larga lista. Sigamos con la música. Probablemente Metallica sea la banda más importante de la historia del género *thrash metal* en el siglo XX. Entre varios de sus discos, hay uno que se llama *And Justice for All* (lanzado en 1987), que también coincide con el título de la canción número dos de este álbum. En una parte de la letra, se afirma que la justicia se hace tirando de sus cuerdas. Y eso es, precisamente, lo que hizo esta banda en el año 2000.

Metallica emprendió contra la empresa Napster una batalla legal por la transmisión de canciones. Todo empezó con un tema (*I disappear*) que se filtró a la red y luego generó miles de descargas gratuitas (más de 300.000). Esta canción era parte de la banda sonora de *Misión Imposible II* y su estreno estaba previsto en un combo que era un clásico: un *sencillo*, un video musical, la presentación del disco y el estreno de la película. En esa época, Napster era el máximo exponente de las plataformas tecnológicas que permitían conectar a los usuarios para que pudieran intercambiar sus discos y canciones. Napster no alojaba los datos, sino que oficiaba de enlace entre ordenadores para que los usuarios de intercambien la información.

Napster entró a un mercado en el que las innovaciones habían producido la irrupción del *compact disc*, que en gran medida reemplazaron al vinilo y al cassette. Por aquellos días había una fuerte concentración entre cinco multinacionales que se repartían el 84% del mercado (EMI, Sony,

(4) Daphy, Eliane, “Llegó el micrófono a escena y todo cambió...”, ps. 119 y ss., en *Innovación tecnológica y procesos culturales*, 2a ed., Fondo de Cultura Económica, México, 2015.

Universal, AOL-Time Warner y Bertelsmann). En diciembre de 1999, Metallica demandó a Napster por vulnerar sus derechos de propiedad intelectual. En marzo de 2001, la justicia estadounidense falló a favor del grupo. Luego de indemnizar a Metallica, en el año 2002, Napster se declaró en bancarrota. Sin embargo, en los siguientes dieciséis años, la historia se escribiría de manera muy diferente a lo que muchos lo imaginaron. Por ejemplo, Metallica ahora sabe que un bajo porcentaje de la población mundial prefiere el género “metal”, ya que se ubica en el octavo lugar del podio de preferencias encabezado por el pop, el rock y el *oldies*<sup>(5)</sup>.

Durante la primera década y parte de esta, las empresas firmaron con Apple y luego con otras que empezaron a ofrecer servicios en *streaming*. Los productos de Apple, como el *Ipod* y el *Iphone*, jugaron un rol clave. Para que se tenga una idea básica de la lógica del negocio antes, y después, véase el siguiente ejemplo. En el paradigma de los CD (discos compactos), la ganancia por la venta podría estar constituida del siguiente modo (estas cifras varían según la época y el país —inflación, impuestos, etc.—). Supongamos que cada CD costaba AR\$280. La distribución podía estar constituida del siguiente modo:

30% va para el sello discográfico: \$84.

21% de impuesto al valor agregado: \$59.

15% para el dueño del local: \$42.

13% es la porción de los artistas: \$36,4.

8% para los fabricantes del producto: \$22,4.

8% se gasta en distribución: \$22,4.

5% a gastos relacionados con el copyright: \$14.

Las canciones en iTunes en general cuestan US\$0,99 y en esencia la distribución de las ganancias es la siguiente:

30% va para Apple.

30% para la discográfica.

40% para el artista.

Esta forma de entender el negocio no es uniforme o lineal, ya que no todas las empresas pagan lo mismo. En los últimos años, sistemas que ofrecen videos como Vevo (junto a YouTube y Google) o para escuchar canciones como Spotify, tienden a concentrar una gran parte de la oferta

---

(5) IFPI, *Music Listening Report*, 2019 disponible en <https://www.ifpi.org/wp-content/uploads/2020/07/Music-Listening-2019-1.pdf> (consultado el 30/04/2021).

musical. Por ejemplo, la industria se lleva en torno al 70% de los ingresos de Spotify y sus competidores, en concepto de derechos de autor. El dinero va a parar directamente a sus arcas y a las de sus artistas, a partir de las transferencias que realizadas por Spotify<sup>(6)</sup>. Entre esta plataforma y Apple Music se distribuyen el 61% de usuarios de estas plataformas digitales de *streaming*, sobre un 86% de usuarios de internet<sup>(7)</sup>. La lógica del negocio se ha transformado. En vez de cobrar por disco, se cobra por canción escuchada. Premia el consumo, el *hit* o el viral. En 2015, por ejemplo, si una persona aspiraba a cobrar de Spotify el equivalente a un salario mínimo, sus temas debían ser escuchados 180.000 veces. Si el artista tenía contrato con una productora, el número ascendía a 1.117.000 veces, dado que la mayor parte de los derechos en este caso es abonada a la grabadora. Pero las compañías clásicas, como la que ve en la serie de Luis Miguel, ahora no tienen los gastos de publicidad y distribución de vinilos, cassettes, CD o DVD<sup>(8)</sup>.

Ahora bien, nadie imaginó que existirían una suerte de policías de IA, que ejercen un control imposible de realizar por seres humanos. Nos referimos a las inteligencias artificiales que actúan en conjunto para evitar que se reproduzca contenido desde un dispositivo ajeno a los tanques musicales del mundo digital que comparten el esquema de ganancias con las discográficas y con los artistas. Por ejemplo, usted mismo podrá advertir que si llega a subir una canción de algún artista o un video editado que contenga un fragmento de ella a las redes sociales más usadas, automáticamente se impedirá subir el contenido o, eventualmente, se eliminará el mismo de la red. Esto también sucede si pretende transmitir el contenido de un partido de fútbol.

En esencia, los sistemas IA policiales de contenido musical funcionan de una manera similar a las aplicaciones por las cuales usted busca una canción a partir de escucharla en la radio o en algún lugar sin que sepa su nombre o del artista. Por ejemplo, aplicaciones como Shazam o Soundhound, tardan algunos segundos en detectar una canción, y luego le su-

(6) Sobre todas estas cuestiones, véase, Delgado, Juan T., “Por qué Metallica impidió que Napster fuera Spotify”, *El Independiente*, 12/03/2017, disponible en <https://www.elindependiente.com/economia/estrellas-estrellados/2017/03/12/por-que-metallica-impidio-que-napster-fuera-spotify/> (consultado el 14/08/2017). También véase, “¿Cuánto dinero paga Spotify, iTunes, YouTube y Tidal a los artistas?”, <https://tecnovortex.com/cuanto-dinero-paga-spotify-itunes-youtube-artistas/> (consultado el 14/08/2017).

(7) “Music Consumer Insight Report 2018”, IFPI, 10 de octubre de 2018, disponible en [www.industriamusical.es/ifpi](http://www.industriamusical.es/ifpi) (consultado el 30/04/2021).

(8) Levi Yeyati, Eduardo, *Después del trabajo*, Sudamericana, ps. 92-94.

giere escucharla en Spotify u otras aplicaciones similares<sup>(9)</sup>. Metallica y otros artistas no pudieron ni siquiera imaginar que policías de IA iban a custodiar sus temas musicales. Sin embargo, tampoco pudieron prever que, aún con esta lógica, la distribución de ganancias no sea justa o equitativa ¡Quizás tampoco lo era antes!

Buscar objetos con solo verlos, proteger derechos de autos o propiedad intelectual a partir de policías de IA, son paradojas que se gestaron y que reflejan inventos asombrosos del ser humanos para favorecer la compra y venta y proteger la propiedad intelectual de los artistas. Si usted pertenece a la generación X o a otras anteriores, dependía de que le nombren la canción que escuchaba en la radio si quería volver a escucharla. Tampoco imaginó que iba a encontrar y escuchar una canción que le guste, a tan solo un par de clics en un pequeño aparato itinerante y conectado a casi todo. Esta tercera historia refleja cómo los avances tecnológicos potencian las paradojas y los escenarios complejos, ambiguos e inciertos.

Aunque nos gusten mucho las predicciones, hay que reconocer lo difícil que es anticiparse a la forma precisa en la que se desarrollan los acontecimientos<sup>(10)</sup>. Lo que sí es una gran constante es que cada innovación presenta múltiples paradojas, lo que permite vislumbrar que los sucesos no se desencadenarán de forma lineal o previsible. De hecho, lo que parece ser una violación de derechos en un inicio, es lo que luego podría sustentar todo un paradigma de negocios y de aprovechamiento por las personas. Tampoco se pudo prever que todo esto iba a ser posible, en gran parte, porque los perfiles digitales de las personas y sus datos personales pueden ser explotados, a la vez que se genera un ecosistema de inducción y manipulación que supera por mucho las ideas de panóptico de Benthan y Foucault.

---

(9) Un método similar es el que utiliza la aplicación Pinterest a través de Lens. Esta es una herramienta que logra detectar objetos del mundo real y buscar imágenes similares. Lens, es un sistema análogo a Shazam, pero con imágenes. A través de la inteligencia artificial, Lens detecta objetos a partir de lo que aparece en una imagen u objeto del mundo físico (real) y luego busca imágenes similares o información sobre lo enfocado. Como dice uno de los representantes de Pinterest: “A veces ve algo en la calle que parece interesante pero cuando intentas buscarlo ‘online’ no encuentras las palabras adecuadas para describirlo». Por ejemplo, si se busca un reloj aparecerán fotos de habitaciones en las que el reloj es parte de la decoración. También puede utilizarse para encontrar nombres de frutas, verduras, etc. Si se fotografía un alimento y se desconoce lo que es, Pinterest lo ayudará a conocerlo. Además, si ve un par de botas que le gustan, sola basta con realizar una búsqueda visual en Pinterest y encontrar estilos e ideas similares para aprender a usarlos”. Véase, <https://blog.pinterest.com> (consultado el 15/08/2017).

(10) Véase, Ball, Philip, *Masa crítica*, Fondo de Cultura Económica, México, 2010, p. 454. Asimismo, ver “El libro de los dragones de cómo entrenar a tu dragón”.

El cantante sin voz, la evolución del automóvil y muchos otros ejemplos históricos, nos sirven para entender que hay que acompañar la evolución de las tecnologías exponenciales desde una óptica flexible, abierta y dinámica. Debemos estar siempre atentos para aprovechar los lados luminosos, y gestionar los oscuros. Pero también, para darnos cuenta de que algo que parece ser un riesgo o un problema, en realidad puede ser beneficioso para las personas, y viceversa. Quizás la clave es tratar de entender a la tecnología desde un punto de vista holístico, en el que la eficiencia y la optimización sea uno, entre otros objetivos. Como hemos dicho muchas veces en este *Tratado*: innovar, sí; a cualquier costo, no.

## II. MOZART, SALIERI Y LA IA

Todas las culturas que se conocen han desarrollado lo que usted y yo llamamos música. De hecho, para algunos investigadores, la música ha sido útil para fortalecer redes humanas y para que *homo sapiens* coopere entre sí. Pero no piense solo en su cantante o grupo favorito para individualizar la “verdadera música”. Aunque hay grandes diferencias entre “Las primas”, Ricardo Montaner, Gladys “La bomba tucumana” y Beyoncé o Bruno Mars, el fenómeno musical puede darse de manera muy simple para que nuestro cerebro lo catalogue como música. Si caen gotas de agua, muchas gotas, pasamos de escuchar ruidos o sonidos a escuchar música. La repetición, en parte, nos lleva a la música porque crea el ritmo. En esos sonidos o ruidos, nuestro cerebro también tiene la capacidad de reconocer patrones como la armonía y el timbre, que nos llevan a la música. Por ejemplo, reconocer octavas y escalas. Estas habilidades son casi exclusivas de los humanos. Hasta donde se conoce, prácticamente no hay ningún animal que pueda reconocer música. Entre las pocas excepciones, está el caso del video viral que muestra a la cacatúa que baila Queen. En YouTube lo encuentra como *Snowball, Another One Bites The Dust*. Por esas cosas de la vida, en 1981 Maradona presentó este tema para que Freddy Mercury lo cante, la única vez que vino a la Argentina<sup>(11)</sup>.

La capacidad de crear música nos vuelve casi únicos como especie. Y esta capacidad, la hemos mejorado exponencialmente a partir de múltiples innovaciones técnicas y tecnológicas. Pero la música, al igual que otras actividades, se vincula con la capacidad de nuestro cerebro. Reconocer patrones para conectar ritmos, tonos, escalas, armonía y timbre, nos conecta también con las emociones. Recuerde que en nuestro cerebro se producen dos grandes fenómenos: reconocer patrones de información y las llamadas etiquetas emocionales. Estas etiquetas, son marcas

---

(11) Véase: YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=cJOZp2ZftCw> (consultado el 30/04/2021).



que imprime el cerebro en los pensamientos y experiencias almacenadas en la memoria, que contienen información afectiva<sup>(12)</sup>.

En Occidente la canción *La lechuza* está asociada con la escala mayor, vinculada con la felicidad<sup>(13)</sup>. Mientras que la escala menor suele representar la tristeza. En otras culturas, como los balineses, *La lechuza* puede ser considerada un “bajón”, porque la escala mayor está asociada a las cremaciones. El arte, la poesía y la música, son áreas en las que se refleja la inteligencia humana y diversas emociones. Recuerde, además, que la inteligencia humana no es una sola y, aunque es discutido el hecho de que se pueda hablar de una inteligencia artística o de una mente creativa<sup>(14)</sup>, sí es usualmente aceptado que los seres humanos tienen la capacidad para interpretar, componer y apreciar pautas musicales: lo que se conoce como inteligencia musical<sup>(15)</sup>.

¿Qué tiene que ver todo esto con la inteligencia artificial? Como el fenómeno musical se vincula con lo que nuestro cerebro puede hacer (si fallan ciertas zonas de nuestro cerebro, no podemos reconocer música ni crearla), los sistemas de IA se están ocupando de esta actividad que era exclusivamente de los seres humanos.

La película *Amadeus* refleja la vida del compositor más famoso de la música clásica: Wolfgang Amadeus Mozart. En 1984 se estrenó esta película considerada “de culto”, aunque ganó 8 premios *Oscar*. La trama gira en torno a una supuesta rivalidad y tensión en Austria, en el siglo XIX, como la que muchos ven entre Messi (Mozart) y Cristiano Ronaldo (Salieri). Aunque Mozart y Salieri no se disputaban balones de oro, la película muestra el talento, la creatividad y genialidad vs. el trabajo, el esfuerzo, la

---

(12) Manes, Facundo - Niro, Mateo, *El cerebro argentino*, Planeta, Buenos Aires, 2016, ps. 270-271.

(13) Sobre todas estas cuestiones, véase “En pocas palabras”, Temporada 1, “Música”, Netflix.

(14) Ampliar en Gardner, Howard, *Las cinco mentes del futuro*, Paidós, Buenos Aires, 2013, ps. 113-146. Según Gardner, no existe este tipo de inteligencia, sino que son las inteligencias combinadas las que puedan funcionar de una manera artística —o no— en la medida en que hagan uso de determinadas propiedades de un sistema de símbolos (*La inteligencia reformulada*, Paidós, España, 2010, p. 148).

(15) Gardner, Howard, *La inteligencia reformulada*, Paidós, España, 2010, p. 62. Desde otro enfoque, se afirma que la inteligencia es racional, lineal, deductiva y constante. Mientras que la creatividad es irracional, intuitiva, lateral y fluctuante. Fustioni, Osvaldo, *El cerebro y la música*, El Ateneo, Buenos Aires, 2016, ps. 87-88. Como hemos visto, no es plausible establecer esa distinción. Esta forma de concebir la inteligencia no tiene en cuenta cómo es el procesamiento de información en nuestro cerebro, y cómo es posible que los algoritmos inteligentes pueden, incluso, obtener resultados al menos indistinguibles para la percepción humana.



tenacidad y también la envidia, ya que Salieri admiraba el talento, pero detestaba la personalidad de Mozart.

En una escena, cuando los presentan, Mozart le cuenta a Salieri que conoce su obra y le dice: “He escrito algunas variaciones sobre una melodía”. El maestro de ceremonias, le ofrece tocar una marcha de bienvenida escrita por Salieri, a lo que Mozart contesta que no necesita leerla, ya que “la tiene en su cabeza solo por oírla una vez”. Ante la mirada atónica de los presentes, Mozart la “rompe toda” y toca exactamente la canción. Luego, improvisa, la modifica y la mejora ante la presencia atónita de todos los compositores, y la mirada fulminante de Salieri. Como pasaron más de 30 años, le *spoileo* el final. Cuando Mozart muere, dos personas fueron a su entierro: su amada y Salieri.

Justo en el momento en el que esta película se estaba produciendo, nadie hubiese imaginado que se estaba gestando una IA que podría hacer las proezas de Mozart y la de muchos otros músicos más. Si nunca escuchamos hablar de EMI y de David Cope, sería imposible sostener que una máquina inteligente sea capaz de crear verdadera música o de igualar o superar a otros dos genios de la música anteriores a Mozart: Johann Sebastian Bach (1685-1750) y Antonio Lucio Vivaldi (1678-1741). Bach fue un compositor y creador de conciertos para pianos. Es considerado uno de los mayores creadores de la música universal. Gracias a él se logró que un único instrumento suene casi como una orquesta entera y, por primera vez en la historia (hacia 1720), un teclado asuma el papel de solista en una orquesta musical<sup>(16)</sup>. Vivaldi fue un revolucionario del lenguaje. Durante casi toda su vida se dedicó a componer obras musicales. Se estima que produjo unas setecientas setenta obras, entre las cuales hay cerca de cuatrocientos conciertos y cuarenta y seis óperas<sup>(17)</sup>. Según estos datos, en promedio, Vivaldi produjo casi quince obras y media por año, invirtiendo en cada una aproximadamente seiscientas horas de trabajo (veinticinco días corridos, por cada obra).

Considere la siguiente comparación entre las creaciones de los grandes compositores humanos y la inteligencia artificial llamada Experimentos en Inteligencia Musical (por sus siglas en inglés EMI) desarrollada por el músico y profesor David Cope. En los primeros meses del año 1992, Cope logró que su sistema produzca 5000 trabajos que incluyen: 2000 so-

(16) Wagensberg, Jorge, *Teoría de la creatividad*, Tusquets, Buenos Aires, 2017, ps. 77-81; Peña, Carlos, “Informática, propiedad intelectual y ‘La biblioteca de Babel’ de J. L. Borges”, *Revista Ciencia y Tecnología*, Facultad de ingeniería de Universidad de Palermo, disponible en <https://dspace.palermo.edu/dspace/handle/10226/95?show=fullv> (consultado el 30/04/21).

(17) Wagensberg, Jorge, *Teoría de la creatividad*, Tusquets, Buenos Aires, 2017, ps. 84-85.

natas de piano, 1500 sinfonías, 1000 cuartetos de cuerda, 500 preludios e invenciones para varios solos de instrumentos. Pudo, en aquel entonces, realizar 1,37 obras por hora, es decir, podría generar 12.006,6 obras al año.

Observe el siguiente cuadro:

Compositor	Cantidad de años de composición	Total de obras instrumentales	Cantidad promedio de obras realizadas en un año	Cantidad de horas promedio de realización de 1 obra
Bach	47	1128	24	365 hs.
Vivaldi	50	770	15,4	568,83 hs.
Emmy	5 meses	5000	12.006,6	40 min.

Si Emmy se tomara los mismos años que Bach para producir obras, en lugar de 1128, habría realizado 564.310,2. Estas cifras exorbitantes suelen causar perplejidad. Pero ya sé lo que está pensando: ¿es realmente buena esa música?, ¿está a la altura de los grandes compositores?, ¿es la máquina o, en realidad, es el humano que la programa? Las respuestas a estos interrogante vienen de la mano del profesor y músico estadounidense, David Cope.

En general, el tiempo que les insume a los compositores la producción de una obra, en parte se determina por cuestiones comunes a todos los humanos cuando realizamos una tarea a lo largo de mucho tiempo. Por ejemplo, existe un fenómeno llamado “frustración del compositor”, que no es más que una meseta o bache en el proceso creativo donde se vuelve dificultoso el avance. Dicha angustia y frustración le ocurrió a Cope, cuando asistió a una universidad dedicada exclusivamente a la música: la Universidad de California, en Santa Cruz. Para superar esa situación, por los años ‘80, comenzó un desarrollo tecnológico que tituló “Experimentos en Inteligencia Musical”, conocidos como “EMI” por sus siglas en inglés<sup>(18)</sup>. Cope proporcionaba al *software* material escrito a modo de reglas, para que este luego lo combinara y realizara una producción que le permitiera aportar a su trabajo creativo.

Después de un año de trabajo, el programa seguía las reglas a la perfección, pero faltaba algo: ¡emoción! Todo cambió cuando Cope se dio cuenta que el *software* estaba partiendo de cero, mientras que un cerebro humano parte de la música que ha escuchado durante toda su vida. Descarta la que no le gusta e intentar replicar la que le gusta creando algo novedoso. En vez de darle a EMI reglas de cada estilo, la modificó para

(18) <http://artsites.ucsc.edu/faculty/cope/experiments.htm> (consultado el ###).

que produzca música a partir de una base y ciertas instrucciones sobre cómo utilizarlas. Cope preparó una enorme base de datos en las que codificó a mano cada nota de cada composición musical que introducía, con cinco valores para cada nota: tono, duración, volumen, el momento en que aparece en la composición y voz o instrumento que interpreta. De este modo, EMI pudo desmenuzar los datos en fragmentos manejables y localizar patrones, para componer sus primeras creaciones reconocibles. Este proceso se conoce como composición algorítmica<sup>(19)</sup>.

Sin embargo, para Cope al sistema aún le faltaba *algo* que lo hiciera sorprendente. Mientras se filmaba *Amadeus*, en 1983, se dio cuenta que Bach seguía algunas reglas. Cuando las quebraba, aparecía un momento de progreso en sus creaciones; daba un salto creativo. En ese momento, el profesor Cope diseñó un motor analítico para que cada tanto insertara algo aleatorio. Desde esa tarde, EMI se convirtió en “Emmy”<sup>(20)</sup>, una interfaz comunicativa tanto musical como lingüística<sup>(21)</sup>. En 1996 David Cope publicó *Experimentos en Inteligencia Musical* (*Experiments in Musical Intelligence*), donde sostuvo que las computadoras podían ser de gran ayuda para encontrar el autor de una canción o usar patrones para identificar las huellas del estilo de cada compositor. Aunque no lo sabía, estaba sentando las bases para aplicaciones como Shazam (reconoce al compositor, cantante o banda con solo escuchar pocos segundos la canción).

Como es usual, antes de que finalizara el siglo XX, los seres humanos pusieron a prueba a la inteligencia artificial. El profesor Steve Larson de la Universidad de Oregón, reto a David Cope para llevar a cabo una confrontación musical a la IA. Larson sugirió que pianistas profesionales interpretaran tres piezas, una a continuación de la otra: una de Bach, una de Emmy y una del propio Larson. Después, se pediría al público que adivinara quién había compuesto cada pieza. Larson estaba convencido

(19) Véase, Rodríguez de Robles Braña, “Apriorismo armónico en la música occidental. *Designing music*: una propuesta de inversión”, ps. 92 y ss., tesis doctoral, disponible en <https://eprints.ucm.es/42661/1/T38767.pdf> (consultada el 31/10/2018).

(20) Este autor, había sostenido durante mucho tiempo la creencia de que toda la música era un “plagio esencialmente inspirado”. Los grandes compositores absorbieron la música creada antes que ellos y sus cerebros “recombinaron” melodías y frases en formas distintivas, a veces trazables. Como todos tenemos una base de datos interna de referencia musical, los compositores eran aquellos con la capacidad de manipularlo en nuevos patrones. La explicación completa (y compleja) puede verse en: Cope, David, *Experiments in Music Intelligence* (EMI), University of California, Santa Cruz, 1987, ps. 174-181, especialmente p. 175; también puede verse una entrevista que le realizaron en <https://www.theguardian.com/technology/2010/jul/11/david-cope-computer-composer> (consultado el 20/07/2017).

(21) <http://artsites.ucsc.edu/faculty/cope/Emily-howell.htm> (consultado el 30/04/2021).

que la gente advertiría fácilmente la diferencia entre las conmovedoras composiciones humanas y la fría creación de una máquina.

Cope aceptó el reto. En la fecha señalada, centenares de profesores, estudiantes y aficionados a la música se reunieron en la sala de conciertos de la Universidad de Oregón. Al final de la actuación votaron. ¿El resultado? El público creía que la pieza de Emmy era la genuina de Bach, que la de Bach la había compuesto Larson, y que la de Larson la había producido un ordenador. Los críticos continúan afirmando que la música de Emmy es excelente desde un punto de vista técnico, pero le falta algo. Es demasiado precisa. No tiene profundidad o alma. Pero cuando la gente oye sus composiciones sin que se le informe de su procedencia, suelen alabarla precisamente por su ternura y resonancia emocional<sup>(22)</sup>.

Si nunca escuchamos hablar de Emmy y de David Cope, sería imposible sostener que una máquina inteligente sea capaz de crear verdadera música o de igualar o superar a Bach. En un año Bach compuso 24 obras musicales mientras que Emmy compuso 5000. A Bach le llevó 365 horas lo que Emmy hace en 57 minutos. Pero lo que causa mayor perplejidad, es el hecho de que los expertos confundan a Bach con la IA o que, directamente, les parezca “mejor”. Y, por si fuera poco, Emmy logra lo que en general *no* se da en el ámbito de los seres humanos: que los grandes compositores sean también grandes intérpretes<sup>(23)</sup>.

Al igual que Mozart modificó la partitura de Salieri, Emmy interpreta musicalmente la información que se le introduce, para sintetizarla en una nueva propuesta. Sobre la música de Beethoven (siguiendo sus patrones) el programa propuso una nueva sinfonía de una hora. En 1997 la IA publicó el primer disco llamado *Classical Music Composed by Computer* que consiste en 16 canciones de su autoría<sup>(24)</sup>. En su momento, Cope tuvo que cargar en ella los datos para que pudiera producir. Pero allí advirtió una ventaja que poseemos las personas: recombina la música que escuchamos a lo largo de toda nuestra vida. Todo cambió cuando Cope decidió involucrar otro componente. A partir de ese momento, Emmy aban-

---

(22) Puede consultarse la nota en el New York Times del 11/11/1997, <http://www.nytimes.com/1997/11/11/science/undiscovered-bach-no-a-computer-wrote-it.html> (consultado el 30/04/21). También véase Kurzweil, Ray, *La era de las máquinas espirituales*, Planeta, Barcelona, 1999, ps. 225 y 226; Harari, Yuval N., *Homo Deus*, Debate, Barcelona, 2013, ps. 355-356.

(23) Sobre esta afirmación, ampliar en Fustinoni, Osvaldo, *El cerebro y la música*, El Ateneo, Buenos Aires, 2015, ps. 145-150.

(24) Puede reproducirse el álbum en <http://www.allmusic.com/album/classical-music-composed-by-computer-experiments-in-musical-intelligence-by-david-cope-mw0000380236> (consultado el 30/04/21).

donó un atributo exclusivo de las máquinas y comenzó a desarrollar un rasgo inherente a los seres humanos: la aleatoriedad.

En su famoso *paper* “Experiments in Music Intelligence (EMI)” publicado en 1987, Cope entiende que la música es lenguaje y, como tal, tiene una gramática cuantificable, con una semántica y sintaxis definible. Según este profesor, de la misma manera que podemos decodificar y analizar el lenguaje, se puede decodificar y analizar la música. Así como se pueden combinar letras para escribir este libro, se pueden combinar notas musicales para escribir obras como las de Bach. El desarrollo de aplicación más significativo en el campo de la composición algorítmica de las redes de transición ha sido realizado por el compositor e investigador David Cope. En sentido técnico, este compositor utiliza una técnica que se llama “redes de transición”<sup>(25)</sup>.

Después de treinta años de estudio y desarrollo, le preguntaron a Cope si por fin había sanado la angustia y la frustración musical que lo llevó a crearlas. El músico contestó: “De ninguna manera, sigo ansioso y desesperado, nunca salen tan bien como espero”<sup>(26)</sup>. Si luego de leer toda esta información, duda de las capacidades de Emmy, puede hacer la prueba usted mismo y desafiar a cualquier persona (incluyendo a expertos) a que la escuche.

Las proezas de David Cope no son una excepción. Hay varias IA que están abarcando diferentes ámbitos de la música. Noakti, Nodal, Fractmus, Impro-visor (Jazz), Tónica-Fugata, Continuator de François Pachet<sup>(27)</sup>, entre otras que combinan diferentes técnicas (algoritmos de Markov, algoritmos genéticos, redes neuronales, entre otras). De todas ellas, la que más se destaca es la de Francisco José Vico, catedrático de Inteligencia Artificial de la Universidad de Málaga. Esta IA, llamada “Iamus”, es la primera en la historia que es capaz de componer una pieza de música clásica partiendo desde cero. Esta suerte de AlphaGo Zero para la música, ha compuesto *Tránsitos*. Cuando la Sinfónica de Londres interpretó la obra musical, un musicólogo de la BBC la calificó como “...una obra deliciosa, con reminiscencias de las obras contemporáneas francesas de comienzos del siglo XX”. Peter Russel, desconocía que la partitura de *Tránsitos* prove-

(25) Véase, Rodríguez de Robles Braña, “Apriorismo armónico en la música occidental. *Designing music: una propuesta de inversión*”, p. 98 tesis doctoral, disponible en <https://eprints.ucm.es/42661/1/T38767.pdf> (consultada el 31/10/2018).

(26) Puede verse la entrevista en <https://www.theguardian.com/technology/2010/jul/11/david-cope-computer-composer> (consultado el 30/04/2021).

(27) Sobre todas las proezas de la herramienta de Pachet, véase: <https://www.francoispachet.fr/publications/> (consultado el 30/04/2021).

nía de un sistema de inteligencia artificial. De otro modo, quizás hubiese opinado que le faltaba “alma” o “humanidad”.

En una entrevista imperdible, el creador de “Iamus” Francisco Vico, nuevamente confirmó lo que ya hemos visto de las IA: la clave está en el aprendizaje, aunque en este caso no recurrió a la técnica de las redes neuronales artificiales ni al aprendizaje automático. Lo hizo con algoritmos evolutivos<sup>(28)</sup>. Los algoritmos genéticos, como técnica de IA, emulan la selección natural sobre un conjunto de individuos para buscar la mejor solución a un problema determinado. Es decir, los diseñadores humanos no programan directamente una solución, sino que dejan que emerja una solución “aceptable” a través de un proceso repetido de competición y mejora simulada. Esta técnica se inspira en el paradigma autoorganizativo de los organismos biológicos. Cuando se le pide a “Iamus” que componga una obra de 10 minutos con 60 instrumentistas, empieza con una nota de oboe que solo dura dos segundos. La segunda evolución será esa nota más otra de flauta, y así tras millones de evoluciones, hasta que finaliza la obra. Todo este proceso tarda dos minutos.

Luego de esta proeza, Vico y su equipo siguieron avanzando para crear rock, electrónica o jazz. En 2014 grabaron un nuevo disco. Además de escribir las partituras que interpretan los músicos, también sintetiza la música directamente. A Vico le preguntaron: ¿dónde queda el músico? La respuesta fue la siguiente: “En el caso de Iamus no tiene ningún papel porque el ordenador compone cada obra desde cero, sin intervención humana, de una forma azarosa. Pero no tiene por qué ser así siempre. Una artista podrá meter parámetros como ‘romántica’ o ‘alegre’, y los instrumentos que quiera. El ordenador le presentará al momento miles de propuestas, y solo tendrá que elegir una. Es un cambio de mentalidad. Una nueva forma de componer...”<sup>(29)</sup>. Cuando se repasa lo que este creador declara, se parece mucho a lo que hemos detectado en Prometea, PretorIA y otros desarrollos. La IA permite aumentar y potenciar la creatividad y

---

(28) Los algoritmos evolutivos (AEs) son procedimientos de búsqueda y optimización que tienen sus orígenes e inspiración en el mundo biológico. Se caracterizan por imitar procesos adaptativos de los sistemas naturales y se basan en la supervivencia del mejor individuo, siendo un individuo una solución potencial del problema que se implementa como una estructura de datos. Ver *Emerging Technology from de Arvix*, “La IA que evoluciona y muta podría desbancar al aprendizaje profundo”, *MIT Technology Review*, 2018, disponible en <https://www.technologyreview.es/s/10382/la-ia-que-evoluciona-y-muta-podria-desbancar-al-aprendizaje-profundo> (consultado el 30/04/2021).

(29) Véase, *www.eldiario.es*, Vito, Francisco J., “La inteligencia artificial puede componer música sin intervención humana”, disponible en [https://www.eldiario.es/turing/Francisco\\_Jose\\_Vico-Melomics-Iamus-creatividad-musica-Inteligencia\\_Artificial\\_0\\_372712963.html](https://www.eldiario.es/turing/Francisco_Jose_Vico-Melomics-Iamus-creatividad-musica-Inteligencia_Artificial_0_372712963.html) (consultado el 31/10/2018).



la capacidad de los seres humanos. En el caso de la música, para volver exponencial el proceso creativo y así poder fusionar diferentes géneros musicales.

Y aquí nuevamente vuelven las predicciones. Según Vito, la IA permitirá adaptar el tipo de música a lo que le pase a cada persona. En este punto, se parece al lema de casi todos los tanques tecnológicos que profundizamos en la segunda parte: personalizar, personalizar y personalizar a través de perfilar. Según el creador de “Iamus”: “Lo ideal sería que la música se fuese adaptando a lo que llamamos ‘bio feedback’: dolor crónico, trastornos del sueño. En función de la intensidad necesitará un tipo de terapia musical u otra. Si tienes un nivel bajo de dolor, te irá bien una música relajante. Pero si es alto, quieres una evasiva, que te quite la percepción del dolor. No es un efecto curativo, pero sí el de bloquear un estímulo, el dolor lo interpretamos en el cerebro. Ese el futuro: la música diseñada para la situación”.

Ya están en marcha las IA que se ocupan de detectar patologías para mejorar diagnóstico<sup>(30)</sup>. Podría conectar con otros sistemas que reconocen los signos vitales. Entre los datos biométricos de una persona humana y estos sistemas que reconocen los signos, los interpretan y luego se combinan con creaciones musicales personalizadas. En el paradigma Vico, Spotify es un juego de niños. Ahora bien, como hacer este tipo de música personalizada sería muy difícil para las personas, la IA lo simplificaría. Podría generar una canción, luego haría otra con unos pocos parámetros diferentes (versión más relajante) y así sucesivamente. En pocos minutos, habría miles o millones de composiciones totalmente distintas, aunque todo se hubiera iniciado con la misma canción.

Volvamos a Mozart y a Salieri. Si repasa el video de la escena de YouTube en la que ambos se conocen, podrá imaginar las caras de las personas cuando escuchen a Emmy a Iamus y otras IA musicales. Ya sé lo que está pensando. Estas máquinas nunca sentirán verdaderamente la música, porque no sienten nada. Simplemente, reconocen patrones en un *copy/paste* masivo y apático. No se emocionan, no se les pone la “piel de gallina”, no se alegran o entristecen con la música. Usted tiene razón, aunque las IA no son organismos biológicos, están transformando las áreas más humanas como la música.

En este mundo volátil, complejo y cada vez más incierto, tenemos que trabajar muy fuerte para potenciar los beneficios, prevenir riesgos, mitigar daños, afrontar los desafíos y acompañar de modo flexible el desarro-

(30) Véase, Apurv Mishra, “Deep-learning Networks Rival Human Vision”, *Scientific American*, 26 de junio de 2017, disponible en [www.scientificamerican.com](http://www.scientificamerican.com) (consultado el 30/04/2021).



llo exponencial de la IA en todas las actividades. El foco debe estar puesto en mejorar sociedades, volverlas más inclusivas y sostenibles, aunque el camino frecuentemente se presenta sinuoso, contradictorio y paradójal. Pretendemos perfección, pero somos imperfectos, queremos previsión, pero somos aleatorios, buscamos simetrías, mientras generamos profundas asimetrías, pretendemos igualdades, aunque solemos provocarlas a gran escala. Ser humanos, en la era de la IA, es una gran paradoja: mientras transferimos tareas a las máquinas y optimizamos entornos, se ponen en jaque y salen a la luz nuestros rasgos inherentes como especie. Gestionar paradojas es, a fin de cuentas, una tarea muy humana. Y esto, paradójalmente, es una buena noticia. O, de otro modo, la historia sería escrita y dirigida por máquinas.