

<https://doi.org/10.23913/ricsh.v12i24.320>

*Artículos científicos*

## **Cruce de fronteras: hibridaciones artístico-musicales, de la electrónica a la biotecnología**

***Crossing borders: artistic-musical hybridizations, from electronics to biotechnology***

***Cruzando fronteiras: hibridações artístico-musicais, da eletrônica à biotecnologia***

**Cuauhtzin Alejandro Rosales Peña Alfaro**

Universidad Autónoma de Querétaro, México

[cuauhtzin.alejandro.rosales@uaq.mx](mailto:cuauhtzin.alejandro.rosales@uaq.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-1413-8433>

### **Resumen**

Las tecnologías han sido fundamentales en el devenir de las artes, ya que han permitido a los artistas apropiarse de teorías, métodos y procedimientos de la ciencia para convertirlos en parte de su discurso, es decir, en contenido simbólico que adquiere valores de significación. De hecho, en el ámbito de la música, estos recursos resultan relevantes para crear nuevas sonoridades, texturas y timbres, lo cual ha dado lugar a formas innovadoras de componer que van desde algoritmos computacionales e inteligencia artificial hasta elementos biotecnológicos en los que se emplean las propiedades que tienen ciertos tipos de bacterias u otros microorganismos. Existen estudios y literatura sobre el arte sonoro, pero, en general, se ha abordado poco o de forma insuficiente la relación entre estas disciplinas y sus hibridaciones. Por ende, en este estudio se realizó un análisis de obras de arte híbridas contemporáneas que emplean tecnologías digitales, informáticas, electrónicas o biológicas como parte de su poética, lo cual genera cruces en las fronteras entre los ámbitos sonoro, visual y musical. El objetivo fue comprender el impacto de las tecnologías actuales en la producción artística, así como la manera en que dichas propuestas transfiguran los medios tecnológicos en contenido simbólico como parte de su discurso.



**Palabras clave:** música, arte, tecnología, biotecnologías, algoritmos, composición.

## Abstract

Technologies have been fundamental in the evolution of the arts, allowing artists to appropriate theories, methods and procedures of science to make them part of their discourse; that is, in symbolic content that acquires significance values. Its use in the field of music is relevant because, without a doubt, it is where its use in the creation of new sounds, textures and timbres is most evident. Also, it has given rise to innovative ways of composing, taking as a starting point from computer algorithms and artificial intelligence to the use of biotechnological elements in which the properties of certain types of bacteria or other microorganisms are used. There are some studies and literature on sound art, but, in general, the relationship between these disciplines and their hybridizations has been little or insufficiently addressed. In this study, an analysis was made of contemporary hybrid works of art that use digital, computer, electronic or biological technologies as part of their poetics, producing border crossings between sound, visual and musical fields. The objective of this research is to understand the impact of current technologies on artistic production; in addition, the way in which these proposals transfigure technological media into symbolic content as part of their discourse.

**Keywords:** Music, art, technology, biotechnologies, algorithms, composition

## Resumo

As tecnologias têm sido fundamentais no desenvolvimento das artes, pois têm permitido aos artistas se apropriarem de teorias, métodos e procedimentos da ciência para transformá-los em parte do seu discurso, ou seja, em conteúdos simbólicos que adquirem valores significativos. De facto, no domínio da música, estes recursos são relevantes para a criação de novos sons, texturas e timbres, o que tem dado origem a formas inovadoras de compor que vão desde algoritmos computacionais e inteligência artificial a elementos biotecnológicos em que propriedades que certos tipos de bactérias ou outros microorganismos têm. Existem estudos e literatura sobre arte sonora, mas, em geral, a relação entre estas disciplinas e as suas hibridizações tem sido pouco ou insuficientemente abordada. Portanto, neste estudo foi realizada uma análise de obras de arte híbridas contemporâneas que utilizam tecnologias digitais, computacionais, eletrônicas ou biológicas como parte de



sua poética, o que gera cruzamentos de fronteiras entre as esferas sonora, visual e musical. O objetivo foi compreender o impacto das tecnologias atuais na produção artística, bem como a forma como essas propostas transfiguram os meios tecnológicos em conteúdos simbólicos como parte do seu discurso.

**Palavras-chave:** música, arte, tecnologia, biotecnologias, algoritmos, composição.

**Fecha Recepción:** Diciembre 2022

**Fecha Aceptación:** Julio 2023

## Introducción

La relación entre el arte y la ciencia siempre ha sido compleja, pues ha estado sustentada en enfoques que muchas veces pueden ser antagónicos y controvertidos. Esta relación, en gran medida, ha oscilado entre la novedad, la experimentación, lo tradicional o, en palabras de Umberto Eco, entre enfoques “apocalípticos e integrados”. Por tanto, se podría afirmar que la experimentación ha sido una constante para crear experiencias sensoriales, visuales, auditivas y corporales, donde la tecnología se ha empleado como una herramienta en el proceso creativo artístico.

Por ejemplo, el desarrollo de instrumentos musicales en los siglos XVIII y XIX condujo a un mayor estudio de la naturaleza y la física del sonido, lo que contribuyó a la composición de piezas musicales más complejas. Si bien estas piezas seguían interpretándose con instrumentos convencionales, estos últimos experimentaron cambios significativos a medida que la tecnología evolucionaba, e incluso algunos llegaron a desaparecer. Posteriormente, las revoluciones tecnológicas del siguiente siglo se incorporaron al trabajo creativo de artistas y músicos, pero estos puntos de contacto han sido objeto de un estudio limitado. De esta manera, las nuevas propuestas artísticas dieron lugar a la producción de obras híbridas en las que las fronteras entre la música, lo visual y lo tecnológico se difuminan.

Por tal motivo, el propósito de las siguientes líneas es analizar estos cruces interdisciplinarios a través de proyectos relacionados con la música y el arte sonoro, en los cuales el uso de la tecnología ha sido fundamental. Para ello, se parte de la premisa de que la tecnología ya no es solo un medio de apoyo, sino que se convierte en parte integral de la poética y el contenido simbólico-discursivo de la obra, lo que amplía la comprensión y fomenta un mayor debate sobre estas intersecciones generadas a través de hibridaciones artísticas, tecnológicas y musicales.



## De la música experimental a la electrónica

El siglo XX fue un periodo de intensa experimentación en el uso de tecnologías en la creación de obras artísticas y musicales. Estas tecnologías se convirtieron en elementos clave en el mensaje transmitido por las obras, por lo que influyeron en el contenido simbólico y poético del desarrollo artístico y musical. Esto llevó a una difuminación de las fronteras entre propuestas visuales y musicales, aunque estos cruces no son nuevos y se remontan al siglo XVIII. Jacques de Vaucanson, por ejemplo, construyó un prototipo de autómatas que generaba música al simular la ejecución de una flauta y la producción de una melodía al mover mecánicamente los dedos en los orificios correspondientes. Su investigación pionera abordó el mecanismo del sonido y los armónicos, casi un siglo antes del trabajo fundamental de Hermann von Helmholtz en *On the Sensations of Tone* de 1863.

A finales del siglo XIX, algunos artistas intentaron incorporar elementos simbólicos tanto de la música como de la pintura, como en el movimiento simbolista. Por ejemplo, Paul Gauguin estableció analogías deliberadas entre la música, las formas, los colores y las texturas en su pintura. Un enfoque similar fue adoptado por el pintor Vasily Kandinsky a principios del siglo XX, quien desarrolló sus obras basándose en la relación entre la música y los colores que le surgían de su condición de sinestesia. De hecho, su correspondencia con el músico Arnold Schönberg, donde exploraban la relación entre la música y la pintura, es ampliamente conocida.

Por otra parte, el compositor Aleksandr Scriabin creó su poema sinfónico *Prometeo* utilizando un instrumento llamado *Chromola*, que él mismo inventó. Este órgano generaba colores relacionados con los sonidos que producía, lo que reflejaba la condición sinestésica de Scriabin.

Sin embargo, fue durante las vanguardias artísticas cuando el sonido se incorporó plenamente en las artes visuales, gracias al trabajo de Luigi Russolo, quien en 1913 publicó uno de los manifiestos futuristas de la música *L'art dei rumori*, en una carta al músico Francesco Balilla Pratella. Este último ya había publicado en 1910 un texto sobre *La música futurista*, en el cual exhortaba a los jóvenes a liberarse de las tradiciones e instituciones musicales. En esta obra destacó la importancia de compositores como Debussy, Strauss, Elgar y Mascagni como innovadores que rompían con las normas convencionales de composición musical. Pratella sostenía que estos grandes músicos, desde Palestrina hasta Wagner, eran, en esencia, “futuristas” debido a su nivel de innovación. También abogaba por la ruptura de la noción de disonancia y consonancia (un enfoque que Arnold Schönberg



adoptaría en 1912) y la creación de un sistema completamente enarmónico basado en valores cromáticos atonales. El manifiesto de Pratella concluye de la siguiente manera:

Llevar a la música todas las nuevas actitudes de la naturaleza, siempre domada de manera diferente por el hombre en virtud de los incesantes descubrimientos científicos. Dar el alma musical de las masas, de los grandes complejos industriales, de los trenes, de los trasatlánticos, de los acorazados, de los automóviles y de los aviones. Sumar a los grandes temas centrales del poema musical el dominio de la máquina y el reino victorioso de la electricidad (Pratella, citado por Fubini, 2004, p. 49).

La influencia de Pratella en *L'arte di rumori* de Russolo es evidente, aunque este último la llevó aún más lejos. Además, cabe resaltar que Russolo, siendo pintor y no músico, sostenía que los sonidos generados por máquinas, automóviles, fábricas y otros podían considerarse como elementos sonoros, o más precisamente, como “sonido-ruido”. Las exploraciones de Russolo culminaron en el diseño de objetos visuales-sonoros llamados *intonarumori*<sup>1</sup>, que sentaron las bases de la escultura sonora. Estos instrumentos generaban ruido acústico de manera mecánica, pero permitían el control de tonos y dinámicas. Todos estos ejemplos representan los primeros encuentros entre la música, las artes visuales y la tecnología, lo que sentó las bases para hibridaciones artísticas más complejas.

Por su parte, el filósofo Theodore W. Adorno (2003) argumentaba que la música del siglo XX se dividía en dos direcciones: la progresista, representada por Schönberg, y la restauración neoclásica, personificada por Stravinsky. Sin embargo, vanguardistas como John Cage y Pierre Boulez buscaban liberarse de ambos caminos, pues consideraban que el primero era romántico y subjetivo, mientras que el segundo se enmarcaba en una tradición clásica que ya se había fracturado desde principios del siglo, y que no debía ser restablecida. Estos artistas tampoco abogaban por la inclusión de elementos urbanos como el *jazz* o tradiciones folklóricas. Aunque las ideas de Adorno reflejaban la música de la primera mitad del siglo XX, generaciones posteriores veían a los compositores como especialistas, una perspectiva respaldada por el teórico y compositor Milton Babbitt.

Babbitt concebía la composición como un proceso similar a la investigación científica y creía que el oyente contemporáneo debía poseer conocimientos no solo musicalmente competentes, sino también en filosofía, física y matemáticas. Estas ideas comenzaron a tener

---

<sup>1</sup> Entona-ruidos. Traducción propia.

un mayor impacto a partir de la década de 1950, lo que contribuyó a difuminar las fronteras entre lo visual y lo musical.

Posteriormente, los avances tecnológicos desempeñaron un papel fundamental en los cambios que tuvieron lugar en el ámbito musical y en la evolución de la nueva disciplina del arte sonoro. La cinta magnética, por ejemplo, fue inventada por los alemanes durante la Segunda Guerra Mundial y luego mejorada y comercializada por Ampex en Estados Unidos. Les Paul, un guitarrista de *jazz* conocido por sus mejoras en la guitarra eléctrica, fue un innovador clave en el desarrollo de esta tecnología. Previamente, en 1941, el músico de jazz Sidney Bechet había realizado la primera grabación multipista con la colaboración de ingenieros de la RCA, donde tocó prácticamente todos los instrumentos musicales, creando *overdubs*, que consisten en la sobregrabación de cintas para superponer distintas capas de sonido (Hernández, 9 de junio de 2021). Esto influyó en Les Paul, quien después de numerosos experimentos, diseñó una grabadora de cinta magnética con múltiples cabezales que permitían la reproducción de una o varias cintas mientras se grababa en otras, lo que marcó el nacimiento del primer magnetófono de 8 canales.

El uso de sonidos grabados permitió experimentar con ellos y, en consecuencia, difuminar la línea divisoria entre los conceptos de ruido y sonido. Hacia finales de la década de 1940, los ingenieros Pierre Schaeffer y Pierre Henry trabajaron con sonidos grabados y los procesaron de maneras que generaban efectos nunca escuchados, es decir, aceleraron, ralentizaron, distorsionaron y aplicaron otros efectos, de modo que transformaron los sonidos en algo irreconocible. Schaeffer, que había trabajado con fonógrafos convencionales, encontró en la cinta magnética un medio ideal para crear *collages* sonoros, cortando y empalmando trozos de cinta. De esta manera, desarrolló lo que luego denominó como *música concreta*, que consistía en el uso de sonidos grabados y procesados, lo que llevó a la disociación de los sonidos de su fuente original. De este modo, los sonidos se trataban como objetos sonoros, un concepto que Schaeffer denominaba *objetos sonoros*. Además, acuñó el término *escucha acusmática* para describir la percepción de “un sonido sin una referencia visual de la fuente que lo produce” (Litch, 2019, p. 50).

La influencia de Schaeffer dio como resultado dos corrientes principales: la música experimental, centrada en nuevas sonoridades, texturas, espacialidad y electrónica; y el arte sonoro, que se relacionaba más con las artes visuales, un tema que se abordará más adelante. Además, la noción de escucha acusmática, fundamental no solo en la música concreta, sino

también en las propuestas electrónicas y el arte sonoro, permitió explorar aspectos de percepción.

Luego, en 1946, se establecieron los cursos de verano para la nueva música en la ciudad alemana de Darmstadt, con un enfoque principal en el desarrollo de la música electrónica, en gran medida influenciados por el trabajo de Henry y Schaeffer. Este tipo de cursos e investigaciones sobre la música se llevaron a cabo en diversas ciudades de Europa, América y Asia. Los músicos comenzaron a colaborar en proyectos interdisciplinarios con científicos e ingenieros, trabajando juntos en estudios y laboratorios. A pesar de la consigna de libertad en los cursos de Darmstadt, el uso de procedimientos tradicionales o métodos tonales no era bien visto, lo cual frustró a varios músicos, como Henze y Ligeti, quienes en algún momento de sus carreras incorporaron elementos tonales neoclásicos y neorrománticos.

En 1954, Karlheinz Stockhausen, después de pasar tiempo con Schaeffer, publicó su obra *Elektronische Studie II*. Esta composición presentaba timbres y texturas que nunca se habían oído hasta ese momento, así como el uso de notas fuera de las convenciones cromáticas o diatónicas. La notación musical de Stockhausen incluía la duración de los sonidos medida en la cinta magnética, la intensidad en decibelios y las frecuencias de cada sonoridad. Esto fue significativo porque, al igual que en épocas anteriores, el desarrollo musical estaba relacionado con los avances en la escritura musical, es decir, sin la invención de la partitura a 5 líneas y la notación del siglo XI, la polifonía no hubiera podido desarrollarse.

Por otra parte, el músico y arquitecto Iannis Xenakis aplicó principios arquitectónicos a sus composiciones musicales, es decir, trataba el sonido instrumental como estructuras, evitando rupturas constructivas. Así, empleó modelos espaciales en la escritura musical y desarrolló un método de composición altamente complejo denominado *música estocástica*, relacionado con la rama de las matemáticas que estudia sistemas o procesos aleatorios. Además, aplicó estos mismos principios a sus diseños, con lo cual logró una estrecha relación entre ambas disciplinas.

En 1958, Edgar Varèse presentó su *Poème électronique* en la Exposición Universal de Bruselas, en un pabellón especialmente diseñado por Le Corbusier y Xenakis para su interpretación. Varèse reactivó su carrera compositiva a través de la experimentación tecnológica que le permitía manipular el sonido. *Poème électronique* combinaba sonidos generados electrónicamente con grabaciones de música concreta, además de utilizar

imágenes y colores en forma de *collage*. Esta pieza representa una de las primeras obras híbridas que entrelazan elementos visuales, tecnológicos, musicales y poéticos.

En 1949, John Cage era considerado el compositor estadounidense más radical e influyente de su tiempo. Diez años antes, en 1939, Cage ya había compuesto *Imaginary Landscape No. 1*, en la que utilizó un piano con sordina, un palillo chino y un fonógrafo con velocidades variables. Luego, en 1951, creó *Imaginary Landscape No. 4*, en la que involucró a dos intérpretes frente a doce radios: uno ajustaba la sintonía según la partitura y el otro controlaba el volumen. Esta obra representó una crítica a la sociedad saturada de medios de comunicación.

Muchas de las obras de Cage, aunque consideradas piezas musicales, se realizaban a través de actuaciones más cercanas al *performance* que a las formas tradicionales de interpretación en salas de concierto. Lo mismo se aplica a *Waterwalk* de 1960, donde se producen sonidos utilizando ollas a presión, vasos, jarras y hasta un pato de hule, todo medido cronométricamente y establecido en la partitura, con un elemento importante de azar, combinando elementos visuales, acciones performativas, medidas musicales y generación de sonidos, junto con elementos tecnológicos.

Cage impartió clases en la escuela de arte vanguardista Black Mountain College y más tarde en la Universidad de Wesleyan. Muchos de sus alumnos eran músicos y artistas visuales, como George Maciunas, Allan Kaprow, Nam June Paik, La Monte Young, Toshi Ichiyanagi y su esposa de ese entonces, Yoko Ono. Esto condujo a la creación de propuestas radicales en términos visuales y sonoros, como los *happenings* y el movimiento neodadaísta conocido como Fluxus. Muchos de estos experimentos influyeron en lo que se convertiría en el arte de acción y, en particular, en el arte sonoro.

Estos experimentos encontraron su camino en la música *rock* en álbumes como *Revolver* de 1966 y *Sgt. Pepper's Lonely Hearts Club Band* de 1967 de The Beatles, lo cual sorprendió a los músicos de los cursos de Darmstadt. Fue Paul McCartney quien comenzó a interesarse en estas propuestas, en particular en la música de Stockhausen, e introdujo al resto del grupo en la experimentación electrónica. A partir del uso de *loops* (grabaciones cortas que se repiten en bucle, y que se emplean como *overdubs*) y grabaciones en reversa, efectos especiales generados tanto de forma analógica como electrónica, etc., iniciaron una nueva forma de componer y grabar música.

Las primeras canciones que grabaron con estas nuevas técnicas fueron *Tomorrow never knows* y *Paperback Writer*, donde, con la ayuda de su nuevo ingeniero de grabación,



Geoff Emerick, también se mejoraron las técnicas de grabación, microfónica y mezcla para producir sonidos más complejos, de acuerdo con las necesidades creativas de Lennon y McCartney. Estos cambios y mejoras, por supuesto, también influyeron en otras bandas, como The Who, Pink Floyd, Alan Parsons Project, Soft Machine, entre otras.

### **Arte sonoro: hibridación visual-musical, difuminación de fronteras**

Resulta evidente la influencia que tuvo la música en el desarrollo del arte sonoro, sobre todo a partir del siglo XX, desde el trabajo realizado por Dadá y luego las propuestas de John Cage y los músicos y artistas que fueron parte del grupo Fluxus. De esta manera surgió una hibridación en la forma de componer, donde la tecnología tuvo mayor preponderancia y protagonismo. El sonido ya no tenía esta relación tradicional melódico-armónica-rítmica, sino que adquiría aspectos más bien ambientales y permitía la reflexión desde su producción. En otras palabras, el sonido vale en tanto sonido, no desde su perspectiva musical tradicional.

Una de las primeras piezas híbridas que entreteje aspectos musicales, tecnológicos, biológicos y performativos fue *Music for Solo Performer* (1960), de Alvin Lucier. El compositor se colocó sensores en la cabeza y a partir del principio de electroencefalografía monitoreó las ondas alfa de su cerebro. De esta manera, a través de un sistema de altavoces que se encontraban alrededor de la sala, reprodujo sonidos de bajas frecuencia obtenidos de los sensores en su cabeza, los cuales hacían vibrar instrumentos de percusión cercanos debido a la resonancia. Esta pieza estaría en la línea entre el *performance*, el arte sonoro y la composición musical a partir del uso de tecnologías aplicadas a procesos electrobiológicos.

El término *arte sonoro* puede rastrearse desde finales de los años sesenta del siglo pasado, aunque su popularidad ha aumentado en mayor medida a partir del nuevo milenio. Como tal, es un término que no acaba de clarificarse, pero que sí se diferencia de la práctica musical y se acerca más a las artes visuales, desde la instalación y el *performance*. Se podría plantear al arte sonoro en dos categorías:

–Un entorno sonoro instalado que se define por el espacio físico y/o acústico que ocupa más que por el tiempo y puede ser exhibido como lo sería una obra de arte visual.

–Una obra de arte visual que también tiene una función de producción de sonido, como la escultura sonora<sup>2</sup> (Litch, 2019, pp. 22-23).

El sonido se transforma en un elemento plástico más que acústico y adquiere valores estético-simbólicos fuera del ámbito musical. El arte sonoro puede dividirse en escultura sonora, instalación sonora (término acuñado por Max Neuhaus) y paisaje sonoro; no obstante, también podría entrar el *performance* y la poesía sonora. Aun cuando muchos de los representantes de esta disciplina proceden de la música, el arte sonoro está más relacionado con las artes visuales, sobre todo por la interacción con el espacio físico por parte de los espectadores. Los *intonarumori* de Russolo ya planteaban un punto de contacto entre el sonido, el espacio y la interacción con el espectador y muchas de las obras sonoras tienen que ver con la interactividad dentro de un espacio determinado.

Lo importante es que, para la realización de este tipo de propuestas, se requiere del uso de tecnologías: en principio, sistemas de reproducción acústica, altavoces, amplificadores, osciladores, etc. En algunos de estos trabajos se plantean discursos estéticos reflexivos y su relación con el ámbito perceptual. Por ejemplo, en *Dream House* (1993), realizada por La Monte Young y Marian Zazeela, un visitante entra a una habitación donde se escuchan sonidos estáticos, densos, de altos decibeles, cuyos sobretonos<sup>3</sup> se modifican ligeramente con el movimiento de la cabeza. Si se permanece durante mucho tiempo, puede ser como mirar una escultura desde cualquier ángulo, pero su escala puede causar un impacto somático y psicológico debido al volumen y las frecuencias seleccionadas del sonido. Es decir, no se trata solo de aprovechar los elementos electroacústicos, sino sus resultados psicoacústicos. Se convierten, pues, en piezas vivenciales desde un aspecto sensorial. Además, como están alejadas del ámbito de una presentación musical o de un concierto, muchas de estas piezas no pueden grabarse. Tal vez, en el caso de las esculturas sonoras podrían realizarse algunas grabaciones, pero estas adolecerían de la parte visual y performática; por otro lado, esto mismo sucedería con algunas instalaciones o paisajes sonoros que son fotografiados: al final estas solo quedan en documentos gráficos y no tienen el aspecto vivencial ni sensorial completo que requieren estas propuestas artísticas.

Se parte, entonces, del uso del espacio como uno de los elementos fundamentales del arte sonoro, situación que se estaba trabajando en algunas piezas musicales como las de

---

<sup>2</sup> Traducción propia.

<sup>3</sup> Son frecuencias armónicas y no armónicas que acompañan a una nota fundamental y están determinadas principalmente por el tipo de material, la geometría y otros parámetros físicos. También son llamados *parciales*.



Stockhausen, John Cage u otros músicos, aunque otros (como Raymond Murray Schafer o Annea Lockwood) también se valieron del uso del espacio y sonidos grabados obtenidos de la naturaleza, acercando su obra a la línea del Land Art, del que curiosamente el arte sonoro es contemporáneo. David Dunn, por ejemplo, realizó en 1976 una pieza de arte sonoro llamada *Mimmus Polyglottos*, en la que entabló una “conversación” con un cenizote a partir del uso de señales de ondas cuadradas cuyas frecuencias se encontraban en el intervalo de voz de esta ave. Al principio, se le presentó una serie de estímulos a los que comenzó a reaccionar para luego tener una relación más cómoda con los estímulos electrónicos a los que parecía contestarle. El trabajo de Dunn es uno de los más interesantes en la relación música electrónica y ambiente sonoro y naturaleza.

De acuerdo con Litch (2019), Raymond M. Schafer acuñó el término *paisaje sonoro* (en inglés *soundscape*), el cual está compuesto por la totalidad de sonidos que se encuentran en un determinado lugar, lo que define su expresión acústica específica, como una huella digital sonora. En tal sentido, los sonidos de cada lugar configuran una memoria colectiva, pero también individual, para los miembros de una determinada comunidad. Por ello, cada cambio en el paisaje sonoro es, a la vez, una transformación en la estructura del medio ambiente de ese lugar en particular. Así, los sonidos adquieren valores de conciencia y de lectura que se convierten en lenguaje simbólico con niveles de significación distinta y específica. Ejemplo de ello es la pieza *Time Piece Stommeln* (2007) de Max Neuhaus, que el artista plantea “como una señal acústica comunal para la Sinagoga de Stommeln, con sonidos a las Horas Halajicas en la plaza” (Pardo, 2017, p. 41). Para esta obra, Neuhaus examinó los modos de vida de la comunidad, así como elementos simbólicos, visuales y acústicos. La pieza adopta un tiempo programado siguiendo las horas halájicas entre la salida y la puesta del sol que se rige por las leyes judías; el sonido inicia de forma casi inaudible para ir aumentando de forma imperceptible durante un periodo de muchos minutos hasta que se detiene de forma abrupta para crear una sensación de silencio. Los sonidos se emiten trece veces al día, mientras que el intervalo entre las señales individuales cambia diariamente en sincronía con la posición del sol.

Un ejemplo más reciente de hibridación entre la instalación, la acción y el paisaje sonoro en ámbitos ciudadanos es la obra *Parásitos urbanos* (2006-2007) de Gilberto Esparza; resulta interesante el cruce que realiza entre la tecnología, la parte visual, la sonora y los aspectos sociales que aborda. El artista reunió desechos tecnológicos de sistemas mecánicos y electrónicos con los que configuró organismos de vida artificial que pueden sobrevivir en



entornos urbanos. Básicamente, estos “bichos” se alimentan de la red eléctrica de las ciudades, de modo que obtienen su energía de los cables y desplazándose para escapar cuando sienten que se encuentran en peligro. Además, interactúan con el entorno emitiendo sonidos para comunicarse con otro parásito. Dichos sonidos son tomados del mismo ambiente y, de esta manera, se mezclan y se convierten en parte del paisaje sonoro con el que se mimetiza acústicamente.

## **De la música por computadora, la inteligencia artificial y el uso de biotecnologías como cruces e hibridaciones artísticas**

Entre el serialismo, la indeterminación y la ausencia de tonalidad comenzó a desarrollarse mucha de la música de la segunda mitad del siglo XX. Stockhausen planteaba la necesidad de romper con la música de la primera mitad del siglo, incluyendo también las ideas de los sonidos como tal, pues, como ya se ha dicho anteriormente, el desarrollo de los instrumentos estaba más bien relacionado con sistemas musicales que seguían perteneciendo a las tendencias histórico-tradicionales desde finales del siglo XIX. La búsqueda de sonidos nuevos, los avances en las formas de componer y grabar música, además del uso de instrumentos musicales como el theremín, las ondas Martenot o incluso el sintetizador, modificaron la forma de crear música y experimentar con más recursos tecnológicos, lo que condujo al uso de ordenadores y, más recientemente, a la inteligencia artificial.

La necesidad de contar con sistemas informáticos más poderosos se aceleró con la invención del transistor en 1947 y luego el microchip en 1959. Ranchal (26 de septiembre de 2016) comenta que la primera grabación de música generada por un ordenador fue realizada por Christopher Strachey en 1951 en una máquina construida por el informático Alan Turing, al que se considera el padre de la ciencia de la computación.

El músico e ingeniero Max Mathews comenzó a utilizar codificación en ordenadores para crear sonidos digitales y luego convertirlos a analógicos para amplificarlos y reproducirlos, y hacia 1961 logró la primera interpretación de una canción: la tradicional *Daisy Bell* “cantada” completamente por una computadora.

De acuerdo con Miranda (2014), existen dos aproximaciones en el diseño de sistemas computacionales que generan música: la inteligencia artificial (AI) y por algoritmos. En la primera aproximación, básicamente se programan las computadoras con materiales, reglas y partituras ya establecidas con las que “aprenden” y generan música nueva; estéticamente, esta tiende a producir *imitaciones* de estilos y formas con las que fueron alimentados los



sistemas de AI. En el caso de la aproximación por algoritmos, se trabaja con la traducción de datos generados de modelos no musicales a lenguaje musical.

Las composiciones musicales empezarían a emplear tecnologías más avanzadas, como lo que Tod Machover propuso, por ejemplo, en su *Death and the Power: The Robots Opera* (2010). Para esta obra, Machover, quien está adscrito al Media Lab del Massachusetts Institute of Technology (MIT), desarrolló *hiperinstrumentos*, híbridos acústico-electrónicos que pueden ser controlados a distancia por medio de guantes especiales. Durante la presentación de la ópera, los instrumentos-robots interactuaban con los cantantes, lo que generaba una reflexión sobre la manera en la que nos adaptamos a las máquinas y la tecnología.

En ese mismo orden de ideas, Golan Levin, en 2001, realizó la pieza *Dialtones (A telesymphony)*, en la que se enviaban tonos de llamada a distintas personas del público para que se activaran durante la ejecución musical. Esto pone de manifiesto lo inmersivo (e invasivo) que se han vuelto los sonidos de los celulares en nuestra propia cotidianidad. Músicos como William Ducworth y Eric Whitacre han aprovechado el Internet como una forma de realizar piezas musicales interactivas y a distancia, lo cual también fue ampliamente aprovechado durante el confinamiento debido a la pandemia de covid-19, donde fue posible llevar a cabo interpretaciones vía Zoom, con cada intérprete desde su ubicación.

Un antecedente de esto fue la pieza *Sleep* (2000) de Whitacre, para coro virtual, donde los cantantes, de distintas partes del mundo, enviaron su participación por Internet y el compositor editó para crear un video donde aparentemente están en el mismo tiempo y espacio. En cuanto al uso de inteligencia artificial, David Cope, por ejemplo, desarrolló un sistema de composición basado en AI para analizar y componer música en el estilo de Bach, Mozart, Beethoven, Chopin, Mahler, entre otros. También se tienen sistemas de reproducción de música por *streaming* como el Proyecto Genoma de la Música que, a partir de la radio por Internet, Pandora (la cual no está disponible en México), su buscador analiza su catálogo de acuerdo a las preferencias del oyente y ofrece recomendaciones a los usuarios a partir de algoritmos de AI.

El compositor mexicano Enrico Chapela ha trabajado también obras donde la tecnología es parte de su poética. En su disco *Antagónica* (2007), por ejemplo, reclutó a importantes músicos mexicanos y los grabó por separado para después editar y mezclar todo por computadora. Creó así una orquesta que solo existe en el ámbito digital, la cual llamó Orquesta Virtual Silvestre Revueltas. Haciendo uso de las nuevas tecnologías, el 21 de



diciembre de 2012, este compositor estrenó la obra *Concierto para el fin del mundo* con la Orquesta Sinfónica de Dresde y cuatro solistas. Esta se transmitió a través de internet a todo el mundo, pero, además de eso, los solistas, el propio Chapela, Gonzalo Ceja, Horacio Franco y Sara Curruchich Cúmez, se encontraban en México mientras que la orquesta y el director, José Arean, tocaron en la Biblioteca Estatal de Sajonia, la cual exhibe el Códice Dresde, uno de los más importantes documentos mayas mejor conservados.

Es sumamente interesante la propuesta, porque no solo fue un homenaje al cambio de ciclo del tiempo maya, sino que resulta emblemático el uso de la tecnología como punto de unión entre el Viejo y el Nuevo Mundo, además del uso de instrumentos sinfónicos europeos con instrumentos prehispánicos y la posibilidad de que millones de personas presenciaran el concierto en todo el planeta. Lo cierto es que la música ha traspasado las fronteras de lo meramente auditivo para convertirse en una experiencia sensorial mucho más compleja, desde el desarrollo de la escultura sonora hasta el arte sonoro, del que los artistas y músicos también han aprovechado sus potencialidades.

Uno de los rubros que apenas empieza a explorarse y que sigue siendo tierra fértil de experimentación en la hibridación musical y artística está en el ámbito del bioarte, el cual surgió a finales de los años noventa, pero durante la primera década del siglo XXI ha tenido una repercusión y crecimiento considerables. Esta es una disciplina donde las fronteras de lo visual, lo sonoro, lo tecnológico y lo biológico se entrecruzan para construir propuestas híbridas cuyos discursos hacen planteamientos sobre la vida, la naturaleza, la ética y otros problemas que atañen al ser humano. El uso de organismos vivos que, por medio de algoritmos computacionales y de inteligencia artificial traducen comportamientos y propiedades específicas, generan composiciones musicales muy interesantes.

Hacia 2017, el International Genetically Engineered Machine Street Bio Team publicó un trabajo musical llamado *Biota Beats*, que fue el resultado de la generación de música a partir de la información obtenida de bacterias que habitan en distintas partes de nuestro cuerpo. Los microorganismos fueron colocados y cultivados en una caja de Petri y posteriormente en una incubadora para permitirles crecer; después se tomó una imagen de los patrones de crecimiento generados y luego un algoritmo computacional convirtió los patrones visuales en acústico-musicales. Lo anterior puede verse y escucharse en su página, aprovechando las tecnologías de la información y comunicación para llegar a mucha más gente.



Leslie García, en conjunto con el colectivo *Interespecifics*, ha realizado varias piezas audiovisuales: una especie de hibridación entre la composición musical y el paisaje sonoro, a partir de trabajar con bacterias. Ejemplo de ello es *Comunicaciones especulativas* (2017-2020), donde, tomando en cuenta el estudio de los patrones que surgen de las diversas morfologías de la bacteria *Paenibacillus*, se investigaron aquellos que eran reiterativos a partir de su comportamiento dentro de los tejidos biológicos. De acuerdo con la explicación de García (s. f), la información pasa a un algoritmo de AI que asigna una gestualidad sonora y visual única para lograr una composición musical autogenerativa que se va modificando con el movimiento y cambios morfológicos de la bacteria. El algoritmo va aprendiendo y anticipándose a dichos cambios y co-evolucionando con el microorganismo.

Gilberto Esparza, por otra parte, realizó *Bio-SoNot* (2015-2017), que es básicamente un sistema bioelectroacústico que produce sonidos prácticamente musicales a partir de bacterias alimentadas de agua contaminada, la cual que se obtiene de ríos en distintas partes del mundo donde la pieza se ha presentado. El sistema utiliza la electricidad que generan los microorganismos que se nutren de la muestra de agua y la metabolizan. Toma, además, otros parámetros biológicos para crear una especie de huella digital sonora, que será única en función de las características biológicas del río donde se tomó dicha muestra. Se trata, pues, de una instalación bioelectrónica que produce un paisaje sonoro-musical específico.

Aunado a esto, en años recientes se ha trabajado en el diseño de computadoras a las que se les han sustituido los microchips que funcionan bajo principios electrónicos por biológicos, como mohos mucilaginosos, cultivo de bacterias, tejidos vivos o fluidos de reacciones químicas. Esto ha dado lugar a lo que se ha llamado sistemas de cómputo no convencionales, término acuñado en 1994 por Christian S. Claude y John Casti.

A partir del comportamiento de un moho mucilaginoso (*Physarum polycephalum*), Eduardo Reck Miranda desarrolló la pieza musical *Die Lebensfreude* (2012) para piano, violín, violonchelo, flauta, clarinete y seis canales de sonido electrónico. El *Physarum* puede usarse como un substrato biológico de cómputo; se trata de una sola célula con múltiples núcleos que se mueve como una amiba gigante, la cual se ha empleado en el estudio y diseño de computadoras biológicas debido a su comportamiento controlable: reacciona en atracción por humedad y alimento, y en repulsión por fuentes de luz y sal.

Lo anterior puede ser controlado bajo condiciones específicas; se han realizado varios estudios sobre la forma en que los chips *physarum* (*Phychips*) pueden resolver operaciones lógicas, espaciales y algebraicas. El movimiento de los componentes intracelulares dentro



del cuerpo del *Physarum* produce electricidad que puede ser medida con electrodos estratégicamente colocados en las superficies donde el limo es cultivado.

El problema es que su movimiento es sumamente lento, pero, a partir de las diferencias de potencial obtenidos cuando fue condicionado a colonizar ocho electrodos en el experimento de Miranda, fue posible convertirlos en impulsos sonoros cortos por medio de un sintetizador granular aditivo. Este genera impulsos acústicos referidos a sonidos *granulados*, es decir, que están compuestos de distintos parciales o armónicos. Para acelerar el proceso, Miranda y sus colaboradores emplearon un equipo que simula el comportamiento del *Physarum* en menor tiempo (en términos generales, lo que se tarda semanas, puede realizarse en minutos) de forma muy consistente con el material biológico.

A partir del movimiento del *Physarum* al colonizar los distintos electrodos colocados en forma de flor, se secuenciaron las notas para cada instrumento y el ritmo de la pieza, de lo que se pudo obtener la partitura musical de la obra en dos movimientos: *Machina Vita* y *Machina est Finitum*. El *Physarum policefalum* gradualmente consume la flor (el arreglo de electrodos donde se colocaron los nutrientes), por lo que la pieza termina cuando esta es consumida por completo. Además, como parte de la ejecución de la obra, se proyectó una animación de la simulación del comportamiento del organismo, lo que le da un valor audiovisual importante a la pieza.

Otro tipo de computadoras biológicas son las que están basadas en bacterias, llamados *chips genéticos*, de acuerdo con Lobato (2021), quien trabajó con este tipo de chip en su obra *Pulcher aureus filum* (2017). Esta pieza híbrida se entrecruza con la composición musical, el arte acción, la instalación y el paisaje sonoro a partir del uso de tecnologías electrónicas y biológicas. Haciendo uso del tratamiento genético de bacterias *Escherichia coli* modificadas genéticamente para generar bioluminiscencia en función de patrones rítmicos, a manera de osciladores biológicos que dependen de la forma que tienen los contenedores donde fueron cultivadas.

Algo muy interesante es que las bacterias activan un mecanismo de comunicación llamado *sensación de muchedumbre*, que hace que toda la comunidad de bacterias brille de manera sincronizada. Además, es importante tener en cuenta que se está trabajando con seres vivos, colectivos y tal vez sociales. Así que, para darle un enfoque posantropocéntrico, Lobato propuso escalar el fenómeno de sincronización a un nivel humano. Para ello, llevó a cabo una acción donde un grupo de personas realizaron una meditación en la que cada

asistente cantaba lo que quería, con o sin letra y, mezclado con ellos, colocó un coro profesional de incógnito que cantó una partitura musical compuesta por el autor.

En algún momento de la acción, todo el conjunto de personas se sincronizó de manera similar a las bacterias cultivadas en los chips. La parte final de la pieza consistía en sintetizar el proceso del cultivo de bacterias y la acción de los asistentes a la meditación. Para ello, empleó una placa totémica con las formas geométricas en que se cultivaron las bacterias sobre la cual se proyectó un *video-mapping* basado en el comportamiento de los chips genéticos. El sonido generado se obtuvo de ocho grabaciones a los que se les aplicó una transformada rápida de Fourier para poderlos analizar de forma espectral. De esta forma, ambos procesos de sincronía (bacterial y humano) terminan conviviendo en ese espacio virtual para lograr la pieza final.

En definitiva, el uso de las biotecnologías ha venido a modificar los paradigmas en el mundo de la ciencia, el arte, la música e incluso, nos atreveríamos a afirmar, la filosofía, así como la forma en que nos relacionamos como sociedad con la naturaleza. Las prácticas bioartísticas se han ampliado cada vez más con el arte sonoro y la composición musical, mezclando lo visual con lo auditivo a partir del uso de material biológico, el cual adquiere a su vez un gran valor simbólico poético-artístico.

## Discusión

Con todo lo expuesto en las líneas precedentes, se ve claramente cómo las artes y la música se han apropiado no solo de las tecnologías *per se*, sino también de su lenguaje, signos y elementos para ser empleados en los discursos artísticos actuales. No existe, en realidad, una bibliografía tan amplia en cuanto al desarrollo del arte sonoro, aunque sí hay algunos textos fundamentales que han abordado su relación con la música, pero no apuntan hacia la producción de hibridaciones visuales-musicales, donde las obras ya no se pueden clasificar únicamente como música o como arte visual-sonoro, en las que las tecnologías son parte fundamental. En ese sentido, se han presentado ejemplos de estas hibridaciones que han ido borrando los límites entre estas disciplinas.

Lo cierto es que aún es terreno fértil, en el ámbito creativo y teórico-analítico; faltan muchas líneas que abordar, entre ellas, las relaciones intertecnológicas que han dado lugar a piezas donde se mezclan, por ejemplo, algoritmos, inteligencia artificial y biotecnologías, además de elementos visuales durante ejecuciones musicales en vivo. Uno de los textos más importantes que describe el desarrollo del arte sonoro es el de Alan Litch (2019). El análisis



histórico y descriptivo de las piezas artísticas que realiza resulta fundamental, pero abunda en los cambios tecnológicos o musicales, así como su influencia en esta disciplina; sin embargo, sí es interesante que hace referencia al origen musical de muchos de los artistas que menciona.

Por otro lado, algunos textos sobre música del siglo XX y XXI solo hacen mención del uso de tecnologías digitales, cibernéticas o inteligencia artificial como parte del soporte musical, pero no se ahonda demasiado en su discurso o sus niveles de significación. Ejemplo de ello es el libro de Auner (2019), en el cual subraya la importancia de la ópera de Machover, en cuanto al tema escalofriante de un mundo poblado con robots que portan los recuerdos y la personalidad de sus creadores, algo en lo que están trabajando en nuestros días personalidades como Elon Musk.

Otros textos importantes sobre inteligencia artificial, biotecnologías y algoritmos, algunos escritos por Eduardo Reck Miranda, hablan de la fusión música-tecnologías y, aun cuando algunas de sus obras musicales tienen un soporte visual, no se profundiza en la hibridación artística producida. Una de las mayores limitaciones, y que abre la posibilidad para más líneas de investigación, es la cantidad de desarrollos tecnológicos que se están llevando a cabo en la actualidad (estas líneas se escriben en el año 2023) y todo lo que vendrá después de esto. Por eso, resulta complicado encontrar artículos académicos que aporten a la investigación, más allá de la especulación.

## Conclusiones

Las artes, tanto visuales como musicales, siempre han tenido alguna relación con las ciencias y las tecnologías de su tiempo; los instrumentos musicales son herramientas o mejor, máquinas *strictu sensu*. La palabra *instrumento* proviene del latín *organum*<sup>4</sup>, por lo que se puede decir que son herramientas para producir música. Las computadoras, la electrónica u otras tecnologías, incluyendo las biológicas, también pueden diseñarse para producir música, aprovechando su potencial para generar sonidos nunca escuchados, fuera de los ámbitos tradicionales.

En el caso de la música experimental, así como en la concreta, se trabajaron con timbres y texturas, más allá de las nociones canónicas de ritmo, melodía o armonía. Si bien es cierto que entre los años cincuenta y setenta existía una verdadera reticencia a

---

<sup>4</sup> Herramienta, instrumento.



hacer música empleando nociones de tonalidad o estructuras melódico-armónicas convencionales, a partir de los años ochenta se regresó a formas neorrománticas y formales.

Mucha de la música actual, no necesariamente está en contra de los valores tradicionales, sino que son empleadas en conjunto con técnicas y procedimientos de las vanguardias del siglo XX, generando discursos musicales más ricos y complejos. Los cambios científico-tecnológicos han jugado un importante papel en el desarrollo de estas propuestas artísticas y musicales, poniendo de manifiesto reflexiones que plantean la forma en que nos relacionamos con la naturaleza, con otros seres vivos y con nosotros mismos; nuestra dependencia ante las mismas tecnologías, la crítica a la univocidad científicista y lo que entendemos por vida e incluso inteligencia. Además, de las propuestas computacionales que tuvieron un auge importante desde los años ochenta —piénsese, por ejemplo, en la música para videojuegos—, hoy existen tecnologías más poderosas, basadas en procesos químicos o comportamientos biológicos que, seguramente, se seguirán empleando, generando aplicaciones más complejas en el ámbito científico, artístico y musical.

Tal vez, nunca como ahora se hace más evidente la premisa, casi en términos proféticos, realizada por Pratella, aunque con una diferencia importante: para este compositor, la naturaleza ha sido domada por el ser humano gracias a los desarrollos científicos y tecnológicos, pero uno de los aspectos fundamentales de las piezas analizadas es que, más bien, la manifiestan, la potencian y la visibilizan a través de las hibridaciones artísticas y musicales contemporáneas.

En síntesis, en este escrito se ha hecho un recorrido histórico-analítico de cómo el arte, la música y las tecnologías han difuminando sus fronteras para dar lugar a hibridaciones artísticas que amplían el panorama artístico-musical de nuestros días. Este desarrollo ha sido paulatino, no carente de controversia, especialmente a partir del uso de herramientas digitales, inteligencia artificial, biotecnologías u organismos vivos. A través de este análisis se ha comenzado a abordar la falta de estudios sobre cómo el arte sonoro y la música se entrelazan mediante la tecnología, abriendo sus territorios al uso de las biotecnologías, además de organismos vivos que se convierten en parte de su discurso.

## Futuras líneas de investigación

La exploración anterior conduce al menos a dos líneas de investigación: por un lado, un análisis más profundo de las hibridaciones visuales-musicales que aborde aspectos éticos, estéticos, técnicos, entre otros, desde diversas perspectivas; por otro, una reflexión teórico-creativa, generadora de proyectos artísticos innovadores que problematicen la interacción entre seres humanos, tecnologías digitales o biotecnológicas, tanto en el arte como en la música. Los estudiosos y practicantes de estas disciplinas no podemos pasar por alto estas hibridaciones que, aunque no son nuevas, continúan produciendo propuestas interesantes que dan lugar a discusiones profundas y pertinentes desde el mismo arte.

## Referencias

- Adorno, T. W. (2003). *Filosofía de la nueva música*. Ediciones Akal.
- Auner, J. (2019). *La música en los siglos XX y XXI*. Ediciones Akal.
- Fubini, E. (2004). *El siglo XX: entre música y filosofía*. Publicacions de la Universitat de València.
- García, L. (s. f.). Portafolios. <https://lessnullvoid.cc/content/portfolio/>
- Hernández, M. (9 de junio de 2021). *Les Paul: el padre de los sistemas de grabación modernos*. <https://www.enmusike.com/2021/06/09/les-paul-el-padre-de-los-sistemas-de-grabacion-modernos/>
- Litch, A. (2019). *Sound Art Revisited*. Bloomsbury Academic.
- Lobato, J. (2021). *Jardines Alquímicos. Creación asistida por computadoras químicas* (trabajo de grado). UNAM. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/3572668>
- Miranda, E. R. (2014). Harnessing the intelligence of physarum polycephalum for unconventional computing-aided musical composition. *International Journal of Unconventional Computing*, 10(3), 251–268.
- Pardo, C. (2017). The Emergence of Sound Art: Opening the Cages of Sound. *Journal of Aesthetics and Art Criticism*, 75(1), 35-48. <https://doi.org/10.1111/jaac.12340>
- Ranchal, J. (26 de septiembre de 2016). *Escucha la primera grabación de música generada por computadora*. <https://www.muycomputer.com/2016/09/26/musica-generada-por-computadora/>