

Lecuona Fornes, Sergio.

Laboratorio de Luz, Universitat Politècnica de València

Mañas Carbonell, Moisés.

Laboratorio de Luz, Universitat Politècnica de València

Expresión vocal peri-algorítmica: Datos, interpretaciones e interfaces musicales en la práctica artística sonora

Peri-algorhythmic vocal expression: Data, performances and musical interfaces in sound art practice.

PALABRAS CLAVE

Voz, inteligencia artificial, arte sonoro, interfaces musicales, síntesis.

KEY WORDS

Voice, artificial Intelligence, sound art, musical interfaces, synthesis.

RESUMEN

La voz es un instrumento de expresión inmediato que, de forma intuitiva y sin mediación, permite transformar pensamientos y emociones en sonido. En el terreno del arte de acción y en concreto el arte sonoro, la voz se ha trabajado desde su aplicación musical como portador de texto y como textura sonora.

En una sociedad *peri-algorítmica*, como una comunidad en convivencia con algoritmos, es de interés entender la repercusión de los nuevos algoritmos de inteligencia artificial sobre la práctica sonora, y en esta ocasión, concretamente, su influencia sobre la práctica vocal. Esta comunicación, presenta un enfoque desde la práctica sonoro-musical y no desde el lenguaje. Propone un mapa de nuevas prácticas extendidas mediante el análisis de propuestas sonoras contemporáneas que combinan el uso de la voz con algoritmos inteligentes, tanto para finalidades expresivas como de interfaz de control. Planteamos, a modo de conclusiones, un ejercicio de reflexión y escucha sobre el uso artístico de datos y tecnologías en un contexto algorítmico, en línea con la idea compartida de búsqueda del progreso artístico a través de la experimentación fuera de los límites del sistema, más allá de las aplicaciones preconcebidas y los conceptos preestablecidos, potenciada por Cage, McLuhan, Yoshida, Kubisch y Collins, entre otros autores. Haremos hincapié en posicionamientos *post-humanistas* y *tecnorrealistas*, la generación de conflictos subyacentes en torno a la creatividad, agencia, ética, accesibilidad e inclusión sin obviar cómo el algoritmo permite extender las posibilidades tímbricas de la voz limitadas por la fisionomía humana, pero también proporciona nuevos sistemas de interacción con el computador, elemento central de producción sonora contemporánea, como una interfaz más expresiva que acorta el tránsito de las ideas y emociones hasta su formulación sonora.

ABSTRACT

The voice is an immediate instrument of expression that, intuitively and without mediation, allows thoughts and emotions to be transformed into sound. In the field of action art and specifically sound art, the voice has been worked on from its musical application, as a carrier of text and as a sound texture.

In a *peri-algorhythmic* society, defined as a community in coexistence with algorithms, it is of interest to understand the repercussion of the new artificial intelligence algorithms on sound practice, and on this occasion, specifically, their influence on vocal practice. This paper presents an approach based on sound-musical practice and not on language. It proposes a map of new extended practices through the analysis of contemporary sound proposals that combine the use of the voice with intelligent algorithms, both for expressive purposes and as a control interface. We propose, by way of conclusions, an exercise in reflection and listening on the artistic use of data and

technologies in an algorithmic context, in line with the shared idea of the search for artistic progress through experimentation outside the limits of the system, beyond preconceived applications and pre-established concepts, as it is promoted by Cage, McLuhan, Yoshida, Kubisch and Collins, among other authors. We will emphasize post-humanist and *technorealist* positions, the generation of underlying conflicts around creativity, agency, ethics, accessibility and inclusion, without ignoring how the algorithm allows us to extend the timbral possibilities of the voice limited by human physiognomy, but also provides new systems of interaction with the computer, a central element of contemporary sound production, as a more expressive interface that shortens the transit of ideas and emotions to their sonic formulation.

INTRODUCCIÓN

La música electrónica, aquella que es desarrollada a través de la síntesis de audio y complejos artefactos electrónicos como si fueran instrumentos sonoros contemporáneos, es el catalizador de la música del próximo milenio (Roads, 2015, p. 36). Los artistas, que hacen uso de este tipo de música, se comportan como agentes productores de experimentación ya que se muestran abiertos a implementar las tecnologías incipientes, sus modos de creación y las aplican de manera práctica y directa generando un uso abierto que construye nuevas formas estéticas basadas en pro de la búsqueda de técnicas expresivas renovadas (Kouvaras, 2016). Sin embargo, la práctica electrónica, al poner la máquina como eje central de la creación, fácilmente se puede percibir como una música fría, no entendido el concepto frío desde el punto de vista de participación o pasividad de McLuhan (McLuhan, 1964) sino entendiendo música fría como no humana, ya sea por las sonoridades (sonidos artificiales) y/o precisión (falta de error performativo) que demuestra un exceso de automatización del espectáculo y un bajo nivel de performatividad (Yoshida, 2019, párr. 9).

Esta expresión sonora y performativa de bajo nivel, se encuentra enmarcado en estos momentos en un periodo que hemos denominado peri-algórico. Se trata de una etapa en desarrollo constante, basada en las relaciones arte-ciencia-tecnología-sociedad que no inauguran una fase post-algórica, sino que remarcan un periodo fundamentado entre algoritmos que inciden en toda nuestra forma de vivir. Además, parte de sus tecnologías, aunque nos den la impresión de democratizadas, usables, abiertas, accesibles y colaborativas (DIWO - *Do it with others*), requieren, las más incipientes, de un alto nivel técnico, y por ende de la supervisión de personal científico para utilizarlas a un alto nivel (YACHT, 2021). Este ejercicio de supervisión dificulta la transferencia clara y directa desde el ámbito académico de investigación a la comunidad artística extraacadémica y *underground*, lugar donde se fraguan las nuevas estéticas (Sturm et al., 2019, p. 38).

En este entorno *entre-algoritmos*, encontramos un elaborado mecanismo como elemento fundamental en la práctica sonora, la voz. Esta se ve ampliada mediante la interacción con la tecnología electrónica y la algoritmia (Young, 2016, p. 5). Sin embargo, no debemos olvidar y reflexionar sobre la idea que apunta Joan La Barbara sobre la voz en sí misma como un instrumento ilimitado e incluso el *instrumento original* (MNCARS, 2017). También remarcar su capacidad de modulación intuitiva para imitar con mayor o menor grado de precisión otras voces, instrumentos musicales o cualquier otro tipo de sonido, que la convierte en una herramienta inmediata de apunte y preescucha para la composición y diseño sonoro (Rocchesso, Lemaitre, Susini, Ternström, & Boussard, 2015, p. 3), un sistema orgánico avanzado de síntesis.

En términos de composición, la voz es el instrumento que más directamente permite exteriorizar una idea sonora (Rocchesso et al., 2015, p. 3). Ajustando la voz, al instante, podemos pre-escuchar motivos melódicos, ritmos y/o timbres sin necesidad de elementos externos a modo de boceto sonoro. El grado de expresión es uno de los objetivos centrales del diseño de nuevas interfaces de expresión sonora y permiten a los artistas encontrar los gestos y métodos para expresar ideas y conceptos con mayor facilidad. Las mecánicas de modulación y ajuste de los sonidos mediante interfaces físicas (teclado musical, reguladores, pads, etc.), frente a la voz, se ven limitadas por gestos predefinidos, y constituyen un paso adicional en el camino entre la idea del sonido o el sonido mental y el sonido físico.

Ese sistema de síntesis orgánico avanzado que comentábamos, nos lleva a pensar en nuestra capacidad de experimentar, explorar y descubrir el instrumento vocal amplificado electrónica y algorítmicamente. En concreto induce a repensar el concepto de mimesis vocal y detectar que estudiosos y centros de prestigio, como los laboratorios de Yamaha (Proyecto Vocaloid) o el IRCAM, llevan más de 30 años trabajando en imitar la voz humana a la perfección generando un ejercicio cultural preexistente (Peer et al. 1993, p. 95). Posiblemente el foco de la investigación en esta etapa peri-algórica debería estar apuntando hacia la búsqueda y el encuentro de nuevos sonidos que aprovechen y resalten las características únicas de las nuevas herramientas algorítmicas. Tal y como Kubisch (Peer, 1993, p. 95) y Roads (2015, p. 33) señalaban sobre el uso mimético de los primeros instrumentos electrónicos, o Collins (2003, p. 322)

sobre el *live coding*¹, la ruptura con las estructuras estéticas y la búsqueda de las singularidades que cada tecnología proporciona se presenta, para la práctica artística, como la única forma de avanzar hacia nuevas formas, sonoridades y conceptos.

El uso de datos masivos en este periodo peri-algórico se nos presenta como una fuente de material intangible para la expresión en la práctica artística sonora. Estos materiales intangibles se agrupan en conjuntos de datos asíncronos (*datasets*) y síncronos (tiempo real) y sirven como material de entrenamiento para modelos neuronales de lenguaje (GPT-3), imagen (StyleGan) o audio (WaveGAN) de inteligencia artificial.

METODOLOGÍA

Hemos seleccionado de manera cualitativa, analizado y comparado cuatro casos particulares de distintas producciones sonoras contemporáneas presentadas en festivales relevantes que ejemplifican la implementación de nuevos algoritmos sonoros inteligentes en el trabajo de artistas sonoros contemporáneos. Presentamos un recorrido no lineal de aplicaciones basadas en inteligencia artificial que oscilan entre herramientas sonoras para el trabajo en estudio y agentes algorítmicos de colaboración sonora, así como entre timbres vocales de sonoridad humana y voces deconstruidas plagadas de artefactos digitales como prácticas vocales extendidas² artificiales. En esta serie de casos, como criterio de selección, nos hemos centrado también en recoger modelos generativos de audio contemporáneos, concretamente de *audio crudo*.

DESARROLLO

En los siguientes casos de estudio que hemos analizado, mostraremos aplicaciones donde la voz se emplea como un instrumento de control expresivo del sonido para la composición de música electrónica en estudio (no directo). Anunciamos el concepto de *neo-sampler*, heredero del *sampler*, que toma como base para la generación de sonido fragmentos de una biblioteca de sonidos y sustituye la habitual interfaz de control musical por la voz. Nos centramos en visualizar el término *spawning* como un desarrollo del *sampling* y como una forma de recuperar la transferencia de estilo vocal de las tinieblas del *deepfake* donde métodos de síntesis neuronal de audio en tiempo real pueden utilizarse como una duplicidad de la voz del propio artista a través de filtros *vocoder*. Introducimos el concepto de voces maquinales desde el punto de vista del no-descarte de aquellos *errores* que el modelo produce y que suponen nuevas texturas sonoras híbridas humano-máquina. También exponemos cómo los modelos se presentan como agentes de colaboración sonora, aprenden del artista e improvisan en vivo de manera coherente dilucidando una aproximación más abierta al concepto de voz, donde se plantea un discurso de conciliación post-humanista que saca a relucir la problemática en el uso y entrenamiento de modelos de inteligencia artificial.

1. Zero Point: Pico-remix y neo-samplers.



Figura 1. Fotograma capturado de los visuales de la pista final del álbum Zero Point (2020). Elaboración propia.

Este caso ilustra una de las primeras estrategias de proto-síntesis neuronal, lo que denominamos un *pico-remix*. Entendiendo este término como concatenaciones automatizadas de distintos *samples* minúsculos que presentan una similitud con el audio original o el audio que se va a procesar. Es importante apuntar que lo consideramos proto-síntesis, porque a nivel metodológico debemos diferenciar entre *síntesis*, o construir un sonido operando señales de audio, y *muestreo*, mediante la alternancia y secuenciación de audio pregrabado. Por lo tanto, no llega a ser síntesis estricta y se convierte en lo que hemos denominado un *neo-sampler*.

¹ *Live Coding* es una práctica sonora dentro del ámbito de la música computacional, que consiste en la improvisación musical generada a partir de programar en directo algoritmos de audio. Ej.: <https://youtu.be/JEHpS1aTKp0?t=1773> <https://youtu.be/jPCxkZPYX90>

² Prácticas vocales extendidas son el conjunto de técnicas vocálicas no incluidas en el canto tradicional, utilizadas para modular la voz de forma heterodoxa y/o producir una mayor variedad de sonidos.

Para su álbum, **Zero Point (2020)**³, Rob Clouth desarrolla un conjunto de herramientas digitales que le permiten aplicar en sus temas los conceptos de caos y aleatoriedad, por ejemplo, a través del acceso y manipulación de datos de medición de energía de punto cero (mecánica cuántica). En particular queremos destacar el software Reconstructor⁴, un *neo-sampler* que consiste en un algoritmo inteligente que analiza y sustituye el audio original por un pico-remix de fragmentos de audio de la librería de sonidos seleccionada. Este proceso permite alterar el timbre de los bocetos sonoros creados con la voz por el de cualquier colección de sonidos, preservando la expresividad y características de su interpretación vocal. Esta herramienta le permite crear en el álbum secciones rítmicas a partir de grabaciones vocales propias (Sónar Festival, 2021) a modo *beatbox*⁵.

2. Spawning: extender la voz más allá del deepfake.



Figura 2. Captura de pantalla de la aplicación web

Holly Herndon introduce el concepto de *spawning* (2021) como la capacidad de crear obras a semejanza de otras mediante la interacción con un modelo basado en ellas. Al igual que el *sampling*, esta técnica utiliza una biblioteca de sonidos, pero en vez de remuestrearlos, el *spawning* los usa para entrenar un modelo de inteligencia artificial de síntesis neuronal que genera audio crudo (*raw audio*).

Su herramienta online **Holly+ (2021)**⁶, fruto de la colaboración con Never Before Heard Sounds⁷, supone la colectivización de la voz individual de la artista. Los modelos de voz resultantes, en combinación con la tecnología de aprendizaje automático, permiten que cualquiera pueda clonar su voz para generar música, radio u otros entornos sonoros. Este ejercicio que realiza Holly+ además de un planteamiento activista en torno a los derechos de autor de la imagen y la voz mediante su plataforma *DAO*⁸,

también supone un debate alrededor del concepto de externalización de la voz, características expresivas de la voz digital cruda, su transformación en un instrumento sonoro y las limitaciones del propio cuerpo humano. Una voz artificial no necesita respirar, no sufre afonía y no tiene una tesitura limitada.

3. AAI: Un sistema de voz artificial anárquico.



Figura 3. Captura del sitio web temática del álbum AAI (2021).

AAI (Anarchic Artificial Intelligence, 2021)⁹ es el álbum más reciente de Mouse On Mars. AAI, mediante inteligencia artificial y a través de la creación de una ficción especulativa elaborada junto al investigador en cultura social y sonora Louis Chude-Soke, toma como eje conceptual la búsqueda de una voz libre, heterogénea e inclusiva. En colaboración con Birds On Mars, desarrollan la herramienta de inteligencia artificial Krach¹⁰, que permite utilizar la voz como un sintetizador de audio y sacar a relucir las características propias de la voz mediante el reajuste del algoritmo y la modificación manual de los parámetros internos del modelo. Esta acción permite sobrepasar los resultados perfectos y esperados de la interpretación digital, abre una paleta de posibilidades y experiencias sonoras rechazadas a priori por el propio sistema y rescata como emergentes e inesperados, mediante un auto-jaqueo, aquellos sonidos excluidos por el algoritmo.

³ Enlace de escucha del álbum Zero Point: <https://robclouth.bandcamp.com/album/zero-point>

⁴ Enlace al vídeo en el que Rob Clouth muestra la aplicación de Reconstructor en una mezcla:

<https://www.youtube.com/watch?v=msU7skbcdWM&t=87s>

⁵ El *beatbox* es una práctica vocal de creación musical mediante la imitación de sonidos, principalmente de instrumentos musicales.

⁶ Enlace a la herramienta web: <https://holly.plus/>

⁷ Empresa fundada en 2020 por Yotam Mann and Chris Deaner con el objetivo de aplicar nuevos algoritmos inteligentes para proporcionar nuevas posibilidades de expresión sonora a artistas. Enlace a su sitio web: <https://heardsounds.com/>

⁸ DAO (Decentralised Autonomous Organization) es una organización descentralizada, dirigida a través de las reglas estipuladas en *contratos inteligentes*, en forma de código lógico de programación, y cuyas transacciones se gestionan mediante tecnología *blockchain*.

⁹ Enlace al sitio web de Anarchic Artificial Intelligence (AAI) donde se incluyen los textos de Louis Chude-Soke. <https://anarchic.ai/>.

¹⁰ Para más información sobre la herramienta: <https://www.krach.ai/#>.

Este proyecto nos lleva a recapacitar sobre las palabras de Jan St. Werner acerca del uso no estricto de la IA. [...] Hay que olvidar que las máquinas son una extensión de nuestra mente. Hemos de buscar en la IA todo lo que queda fuera (dialectos, emoción, etc.)¹¹. Así pues, la voz que este modelo es capaz de generar, a partir de un texto, es más proclive a ser usada en la composición de forma libre e incluso ruidista y no únicamente para componer pasajes clásicamente líricos.

4. Tomomibot: Un agente reactivo colaborativo.



Figura 4. Fotografía de Tomomi Adachi presentando Tomomibot en Ars Electronica 19. Fuente: (Philipp Greindl. 2019. *Voices from AI in Experimental Improvisation / Tomomi Adachi (JP), Andreas Dzialocha (DE), Marcello Lussana (IT)*). Obtenido de: <https://www.flickr.com/photos/arselectronica/48687262856>

Tomomibot (2019)¹² es un programa basado en algoritmos inteligentes que aprende de las improvisaciones vocales del artista Tomomi Adachi. A diferencia de Holly+ este modelo está diseñado como un agente de colaboración musical humano-computadora en la que no sólo responde a los materiales que Adachi ejecuta, sino que también puede introducir o reintroducir otros nuevos. Este *softbot* vocal es capaz de improvisar en vivo de forma coherente con los materiales sonoros.

Nos gustaría apuntar que el estilo de Adachi abstracto, abrupto y micro-fragmentado derivado de la poesía fonética, ya se localiza en los límites de la práctica vocal. Las técnicas vocales extendidas que Tomomibot recrea suponen un contrapunto frente a las líneas generales de las investigaciones en síntesis vocal, enfocadas en conseguir emular la voz humana idealizada e instrumental (Peer, 1993, p. 95).

CONCLUSIONES

A modo de conclusión podemos apuntar que tradicionalmente los modelos de inteligencia artificial diseñados para trabajar con audio eran capaces de generar representaciones simbólicas musicales, como secuencias de datos MIDI (Cousins, 2021, p. 39). Estas representaciones se transcodificaban en partituras tradicionales o se grababa su interpretación. Sin embargo, en la última década se han desarrollado arquitecturas neuronales capaces de sintetizar muestras de audio digital, incluso más recientemente, lograrlo en tiempo real como son los casos SampleRNN (Mehri et al., 2017), WaveNet (Oord et al., 2016), WaveGAN (Donahue, McAuley, & Puckette, 2019) o Jukebox (Dhariwal et al., 2020) entre otros.

Desde el punto de vista de las actividades o acciones que la inteligencia artificial aplicada a la voz, hemos visto a través de los casos expuestos, que es capaz de extenderse. Podríamos definir el control y la expresión sonora como los dos ámbitos en los que estos algoritmos permiten ampliar las posibilidades tímbricas de la voz, limitadas por la fisonomía humana, extendiendo la práctica vocal a un ámbito más experimental y tecnológico.

También hemos detectado que las tecnologías de la inteligencia artificial presentan nuevas posibilidades para la práctica sonora. Al igual que Cage abrió un nuevo horizonte estético frente al serialismo a través del concepto de indeterminación (Kouvaras, 2016), estas prácticas generan nuevos procesos de gestión (*pico-remixes, sampling*) y creación (*spawning*), provocando que estos procedimientos formen parte de la fisonomía de las nuevas experiencias sonoras vocales peri-algorítmicas. A la vez, estos procesos se construyen como actos en sí mismos, generativos y creativos, donde el elemento interfaz asume un segundo plano, ya no es el *front-man* de la banda ni cumple únicamente su labor principal de mediador humano-máquina, sino que se convierte en un elemento transmisor y contenedor

¹¹ transcripción y traducción propias de la intervención de Jan St. Werner, componente del dúo Mouse On Mars, en la mesa redonda “ ” durante el festival sónar AI&Music 2021.

¹² Resultado del proyecto *Voices from AI in Experimental Improvisation* compuesto por Tomomi Adachi, Andreas Dzialocha y Marcello Lussana. Enlace de escucha: <https://www.youtube.com/watch?v=0VexyC86F8o>

de los resultados expresivos de la interpretación artificial de los datos con capacidad de reducir el tránsito de las ideas y emociones hasta su formulación sonora.

Esta investigación se enmarca dentro del proyecto de investigación PID2020-116186RB-C31 y es fruto de la investigación predoctoral “Arte, Sonido, Algoritmo y Sociedad (ASAS): De la influencia de los datos masivos en el arte sonoro al Data Music” - Programa de Ayudas de Investigación y Desarrollo (PAID-01-18) - UPV.

FUENTES REFERENCIALES

- Collins, N., McLEAN, A., Rohrhuber, J. y Ward, A. (2003). Live coding in laptop performance. *Organised Sound*, 8(3), 321-330. <https://doi.org/10.1017/S135577180300030X>
- Cousins, S. (2021). Artificial intelligence music: Can AI be music to our ears? *Engineering Technology*, 16(11), 38-41. <https://doi.org/10.1049/et.2021.1111>
- Dhariwal, P., Jun, H., Payne, C., Kim, J. W., Radford, A. y Sutskever, I. (2020). *Jukebox: A Generative Model for Music* (N.º arXiv:2005.00341). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.00341>
- Donahue, C., McAuley, J., & Puckette, M. (2019). *Adversarial Audio Synthesis* (N.º arXiv:1802.04208). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1802.04208>
- Herndon, H. [@hollyherndon] (2021, noviembre 4). This is an example of what we call Spawning. Unlike sampling, which is a reproduction of sounds sampled from a recording, Spawning is the ability to create works in the likeness of others by interacting with a model trained on them. 21st century sampling, with big implications. Recuperado 24 de mayo de 2022, de Twitter. <https://twitter.com/hollyherndon/status/1456380312619995143>
- Kouvaras, L. I. (2016). *Loading the silence: Australian sound art in the post-digital age*. Routledge. Recuperado de <https://www.bloomsburysoundandmusic.com/encyclopedia?docid=b-9781315592831>
- McLuhan, M. (1964). *Understanding media: The extensions of man* (ed. 2013). Gingko Press. Recuperado de <http://public.eblib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=1222206>
- Mehri, S., Kumar, K., Gulrajani, I., Kumar, R., Jain, S., Sotelo, J., ... Bengio, Y. (2017, febrero 11). *SampleRNN: An Unconditional End-to-End Neural Audio Generation Model* (Versión 2). Versión 2. arXiv. Recuperado de <http://arxiv.org/abs/1612.07837>
- MNCARS. (2017). *Entrevista a Joan La Barbara. Voice Is The Original Instrument*. [Archivo de Vídeo] <https://www.youtube.com/watch?v=8N7hheAu4X8>
- Oord, A. van den, Dieleman, S., Zen, H., Simonyan, K., Vinyals, O., Graves, A., ... Kavukcuoglu, K. (2016). *WaveNet: A Generative Model for Raw Audio* (N.º arXiv:1609.03499). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1609.03499>
- Peer, R. van. (1993). *Interviews with sound artists taking part in the festival ECHO - The images of sound II* (P. Panhuysen, Ed.). Het Apollohuis.
- Roads, C. (2015). *Composing Electronic Music: A New Aesthetic*. Oxford University Press.
- Rocchesso, D., Lemaitre, G., Susini, P., Ternström, S. y Boussard, P. (2015). Sketching sound with voice and gesture. *Interactions*, 22(1), 38-41. <https://doi.org/10.1145/2685501>
- Sónar Festival. (2021). *AI and Music S+T+ARTS Festival—Make way for the new instruments!* [Archivo de Vídeo] <https://www.youtube.com/watch?v=mutG2Zh72Sk>
- Sturm, B. L., Ben-Tal, O., Monaghan, Ú., Collins, N., Herremans, D., Chew, E., ... Pachet, F. (2019). Machine learning research that matters for music creation: A case study. *Journal of New Music Research*, 48(1), 36-55. <https://doi.org/10.1080/09298215.2018.1515233>

YACHT. (2021). *Ai and Music S+T+ARTS Festival: YACHT*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=Uyolo2l0iac>

Yoshida, E. (2019, junio 10). *On collaborating with machines and humans*. The Creative Independent website. Recuperado 19 de mayo de 2022 de: <https://thecreativeindependent.com/people/musician-holly-herndon-on-collaborating-with-machines-and-humans/>

Young, M. (2016). *Singing the Body Electric: The Human Voice and Sound Technology* (1.^a ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315609164>