



COMPOCYBORG- ANTROPOSEMIOS

RE-SIGNIFICACIÓN DEL HUMANISMO A
TRAVÉS DE LA COMPOSICIÓN MUSICAL CON
TÉCNICAS BIO-INSPIRADAS DE INTELIGENCIA

ARTIFICIAL

Una reflexión creativa sobre el humanismo desde el arte y en el contexto de las matemáticas, las relaciones hombre-máquina y la post-humanidad. Como producto de esta reflexión se origina “Sonoridades y utopías de la antro-po-semiosis-post humana”, una creación mixta para guitarra clásica, acompañamiento de máquina y visualizaciones sonoras, además de dos programas de software, el primero de ellos emplea técnicas de evolución gramatical para producir melodías y el segundo produce visualizaciones sonoras a partir de un sistema de partículas que es controlado por una red neuronal artificial y un autómata determinístico por medio de eventos sonoros.

FERNANDO MORA ÁNGEL

Trabajo de grado para obtener el título de Magister en Artes

COMPOCYBORG ANTROPOSEMIOS:
RE-SIGNIFICACIÓN DEL HUMANISMO A TRAVÉS DE LA
COMPOSICIÓN MUSICAL CON TÉCNICAS BIO-INSPIRADAS DE
INTELIGENCIA ARTIFICIAL

TRABAJO DE GRADO
PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER EN ARTES
FERNANDO MORA ÁNGEL

ASESOR:
HÉCTOR VIDAL RENDÓN MARÍN

MAESTRÍA EN ARTES
FACULTAD DE ARTES
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
MEDELLÍN

2015

A la ternura tautológica de las matemáticas,
A la aventura de las ciencias deliciosamente inaprehensibles,
A la caricia de los números impregnados en la piel del espíritu,
Al recuerdo del legado de los sabios matemáticos del mundo antiguo,
A los alquimistas de la Edad Media y a los necios de todas las edades románticas,
A los poemas hechos de números y a las canciones hechas de bits,
A mi país, cuna de sueños imposibles y utopías sinceras,
Al Dios que todo lo canta y todo lo calcula,
A los protagonistas de todas las vanguardias, adolescentes adorables con la
indisciplina tatuada en la mente.
A mi lápiz y a mi guitarra,
A mi mundo interior en el que habita la teratología de lo indeterminado,
A mis amigos imaginarios, ilustres sobrevivientes de la infancia,
A mis contradictores, fuente de inspiración,
Al amor que me embriaga por la vida, mi gente, mis tradiciones, mis padres y la
compañera de mí trasegar humano.
A mí mismo (como decía Whitman).

CONTENIDO

Preludio Scherzo	0
Introducción.....	4
Formulación del proyecto	19
Planteamiento del problema	20
Contexto sociopolítico	22
Dimensiones e interrogantes	29
Dimensión artístico-estético-filosófica.....	29
Dimensión compositiva musical.....	30
Dimensión del software como arte.....	30
Concepción de la interdisciplinariedad presente en este trabajo	31
Enfoque metodológico	34
Descripción de productos.....	36
Estado del arte	39
Matemática, ciencia y tecnología	40
Arte y matemática.....	40
Arte científico	48

Arte post-humano: Maquinismo profético que hibrida el cuerpo y la tecnología	52
La ciencia auxiliada por las artes.....	54
Arte e investigación	55
El tecno-arte como escenario de utopías.....	58
Música algorítmica	66
Antecedentes de las máquinas compositoras.....	66
Música y máquinas conceptuales: algoritmos compositores	67
Música y máquinas físicas: autómatas compositores	76
Música y computadora: el compositor hecho de bits	83
Métodos estocásticos y asignaciones aleatorias basadas en distribuciones probabilísticas.....	98
Música algorítmica en América latina y Colombia	119
Historia y contexto de las artes digitales y de las artes por computador.....	126
Antecedentes.....	126
Arte y realidad virtual	134

Arte e inteligencia artificial	135
Arte y vida artificial.....	139
Perspectiva de este trabajo respecto a su estado del arte.....	141
Reflexiones críticas sobre la música hecha con máquinas de cómputo.....	150
El ámbito sígnico de la composición musical elaborada por máquinas.....	151
Las máquinas compositoras como una estrategia para subvertir la hegemonía del autor.....	158
Las máquinas compositoras como soporte hipomnético de lo creativo	161
Sobre el software visto como arte	167
Paráfrasis y preludio	168
El software generador de melodías como objeto de arte en el mundo del Instinto del arte de Dutton	174
¿Puede el software que genera melodías musicales causar placer directo?	175
¿Requiere o exhibe el software que hace melodías algún tipo de habilidad y virtuosismo?.....	175
Da muestra de algún “estilo” el software generador de melodías.....	176

¿Puede ser objeto de novedad y creatividad el software generador de melodías?	176
¿Puede soportar un discurso de crítica artística el objeto en referencia?.....	177
¿Posee capacidades de representación el software generador de melodías?	177
¿Posee el software creador de creaciones un halo especial que lo vincula con el contexto del arte?	178
¿Es esta escultura individual y cinética una expresión de la individualidad de su creador?.....	178
¿Podría este ingenio materializado en una escultura inmaterial producir algún tipo de saturación emocional?	179
¿Produciría este objeto, mimesis de la creación y lo creado algún tipo de desafío intelectual?.....	179
¿Podría inscribirse este software creador de melodías en las tradiciones e instituciones del arte?	180
¿Procuraría una experiencia imaginativa este objeto artístico?.....	180
A modo de coda y conclusión	181

Memoria del proceso creativo	183
Definición de principios creativos	184
Principios asociados al desarrollo de software	184
Desarrollo de software	197
Proceso de desarrollo de Compocyborg musicum Darwinium.....	197
Presentación del software Compocyborg musicum darwinium.....	203
Sistema de representación y proceso de derivación	205
Presentación del software Compocyborg luminus Tiresius.....	214
Sonoridades y utopías de la antropo-semiosis posthumana: una obra para guitarra y nuevos medios	222
Metodología de composición	230
Memoria de creación de la obra	232
Estadísticas de la ejecución del algoritmo evolutivo	235
Partitura de la obra.....	240
Conclusiones.....	260
Antecedentes y estado del arte.....	261
Metodología	265

Cumplimiento de los objetivos y desarrollo de los productos.....	266
Reflexiones en torno a la interdisciplinariedad, el software, el arte y la creación	271
Puesta en escena	279
Perspectivas de desarrollo para trabajos ulteriores	281
Referencias bibliográficas	284
Índice de ilustraciones.....	295
Índice temático	297

PRELUDIO SCHERZO

Imagino un meta-universo virtual, mediado por la tecnología y habitado por espacios, objetos, texturas, sonidos, ideas y manifestaciones del inconsciente, creadas por la gracia de la intermediación de la inteligencia artificial. Un mundo inicialmente vacío en el que una gran computadora interpreta los gestos de seres humanos que la habitan y que al caminar, correr, sentarse, gritar e interactuar producen los insumos necesarios para generar nuevas realidades por medio de técnicas de computación bio-inspirada.

Un mundo soñado por el colectivo de la virtualidad y hecho realidad por la mediación de la máquina. Un mundo que se configura, cual eterno caleidoscopio, a la merced del actuar de quienes lo viven. El meta-mundo que siempre anhelé: vivo.

Desde los albores de la técnica, el hombre ha soñado con los autómatas que lo asisten y le acompañan en la terrible tarea de estar solo. Permítame el lector que extienda la fantasía a la idea de los autómatas artistas. Máquinas creadas para soñar, co-soñar, laborar colaborativamente en la elevación de la metáfora al universo de lo material, en un universo paralelo, virtual. La idea viva del inconsciente colectivo hecha realidad gracias a la técnica. Una mnemotécnica de lo vivido, un “entre-cuerpo” tecnológico que permita, gracias al conocimiento que hoy podemos transferir a lo computacional, hacer vívido el poema colectivo de un universo creado por las individualidades que se suman y se encarnan en genes, cromosomas, redes neuronales y vida... vida hecha de bits.

Allí están los seres automáticos del pasado, trozos muertos de lata que claman por el sueño de encarnar en otro sueño, aquel en el que las matemáticas sublevarn la tarea de asistir y asumen la vida propia. Las matemáticas son la vida misma, no son como el arte, son arte: cantan a lo posible, al infinito, a lo imposible, a lo inabarcable, a lo eterno... Se sobre-determinan a sí mismas.

Las matemáticas son el arte mismo, el relato mismo, narrado por el demiurgo de los guarismos. Sería atrevido pretender darles vida a las matemáticas porque ellas son vida. Sería superfluo cantarle a la musa de los números porque ella misma constituye el poema que contiene a todos los poemas. Sería sensato asistir a la encarnación de las matemáticas que potencia contiene la metáfora del autómeta que canta, pinta, compone, narra, juega, ironiza y sonrío.

El demiurgo se expresa desde la inabarcable prosapia de los guarismos. Encarna todas las máquinas que los hombres han creado para crear. Juega con lo estocástico, con el caos, con la evolución... la incertidumbre. El demiurgo de la vida retoza con la idea de sentarse, al lado del hombre, como un niño, a crear amigos imaginarios, a prolongar el mito, a ser y a hacer dioses. Encarnado en una piel de dígitos binarios, pretende sentir la caricia de lo humano.

Mi universo debe crearse con la paciencia de una delicada artesanía. Primero emergerá la música. El sonido es la materialización de lo creativo. Antecede a la palabra. A la vida misma. Antes de que Dios separara las tinieblas y creara la luz, existía la tenue respiración de lo latente. Porque la música en potencia contenía todo lo creado. En su infinitud y ritmo poseía, a su vez, la semilla del lenguaje. ¿Por qué empezar con la música esta empresa? La respuesta es tan simple como el despertar de una rosa, porque la vida mía empezó así. La música creó todo lo que existe e insufló la potencia de todo lo plausible.

Inicia para mí la mañana del alquimista. El homúnculo late en mis entrañas clamando por la vida. En la puerta de un antiguo templo solicito permiso a los oráculos para exhortar el alma de los pitagóricos que nos enseñaron el poema de los números. Evoco la memoria de Santo Tomás, Kepler de Descartes... De Mozart y de Xenakis... Todos los que creyeron que la música podía ser hija de las matemáticas, del azar, del movimiento. Invoco la presencia de las nueve musas para que encarnen el guarismo y le den vida a mi creador-creado. Solicito la ayuda de la computación bio-inspirada; de la inteligencia artificial; de la épica de un Chomsky que pretende un mundo regido por la lingüística y manifiesto en las gramáticas y de un Pierre Lévy que declara la programación como una de las Bellas Artes.

La música co-creada con las máquinas constituye el inicio de un sueño cumplido. No es un proyecto de grado, es la vida misma que toca las puertas de un meta-universo en el que la inteligencia artificial y el arte cobran vida en las matemáticas. En esta fase, el meta-universo se poblará con el sonido pero una vez se consolide (en un proyecto de vida que excede las dimensiones de este trabajo de grado), abriré la puerta para que penetren en él la pintura, la escultura, la literatura, la poesía. Todas esas formas de matemáticas hechas Arte.

Convoco al lector para que viajemos juntos en la aventura de la composición musical mediada por las máquinas. El conocimiento compositivo pretenderá gramaticalizarse y hacerse manifiesto en símbolos que darán vida a cromosomas que generarán un fenotipo sonoro, hijo del compositor y de la máquina y padre (como material pre-composicional) de obras musicales.

INTRODUCCIÓN

Desde niño deseé la oportunidad de aprender a disfrutar de la música y del arte contemporáneo. Oportunidad que, a falta de un contexto adecuado, debí procurarme yo mismo. De hecho, en mi época, algunas personas que habitaban la Facultad de Artes de nuestra Universidad consideraban que la música que tenía sentido escuchar había muerto con Brahms y que lo contemporáneo no merecía más que el desprecio o, a lo sumo, el desdén o quizás la mirada irónica y *sine nobilitate* de un conjunto de personajes que asistían a la sala de conciertos para ser vistos y admirados por su gusto extravagante o sus atuendos inusitados.

Sin embargo, gracias a la generosidad del arcano, o quizás a mi curiosidad infantil y a los consejos de mis amigos imaginarios, me di a la tarea de escuchar y leer todo lo que caía en mis manos. No me hice un experto pero sí un enamorado. Así pues, ese mundo que fui auto-descubriendo despertó en mí una inmensa fascinación que me llenó de felicidad y cuyo precio más alto fue una soledad que casi me ha condenado al exilio en el territorio de mi propio yo.

Mi propuesta de trabajo tiene que ver con dos aspectos fundamentales, la interdisciplinariedad que, para mi búsqueda me gustaría denominar “intro-personal” (pues mi interés no ha sido sólo el trabajo creativo en equipo sino la posibilidad de

formarme en las disciplinas que quiero combinar para que lo interdisciplinar fluya dentro de mi ser), la matemática, la ingeniería de software, la composición musical, las artes y la creación en el contexto de esos espacios que se cuestionan sobre el poder o la ausencia, o la dilución de los roles, del creador, el intérprete y el público.

La composición musical es un asunto complejo que involucra un gran número de facultades intelectuales y por ello reviste un interés especial desde la óptica del análisis de su funcionamiento como proceso cognitivo y de su “simulación” en el campo de prueba que constituye la inteligencia artificial. El hombre ha compuesto música desde los orígenes de la cultura y en ocasiones ha explorado la posibilidad de cederle, por un momento, la posibilidad de crear con sonidos, a las máquinas.

Así pues, la creación en la que intervienen diferentes tipos de máquinas (físicas o conceptuales) puede convertirse en un espacio fecundo para la exploración de ideas estéticas y artísticas. Sin embargo, tiene sentido reiterar que esta forma de composición no pretende imponerse frente a la que crean los humanos, sólo complementar los diversos escenarios creativos.

De hecho, el genio podría ser insustituible; sin embargo, ver a la máquina capaz de generar ideas musicales como una herramienta que en un momento determinado le muestre caminos alternativos al compositor, o que incluso propicie la reflexión

poética sobre su quehacer, podría inaugurar espacios de nueva fecundidad si se tienen en cuenta los contextos que emergen en ese tipo de procesos como son la creación en distintos niveles de abstracción y simbolización (musical formal, gramatical, matemática, del código de programación, etc.); la meta-autoría que supone construir una máquina (o software) que se encargue de parte del proceso creativo (cuya factura se convierte en un proceso meta-creativo portador de un concepto estético) y la gramaticalización misma en la que pueden converger diferentes niveles de isomorfismo.

Si se hurga en la historia de la civilización pueden encontrarse huellas que testimonian que la idea de lograr que los autómatas crearan obras de arte es más antigua de lo que se supone, como lo muestra el siguiente texto:

Ante “aquella forma de coquetear, muy difundida en la segunda mitad del Siglo XVII, con el aspecto más siniestro de la técnica, el robot, criatura mecánica parecida al ser humano (...). La gente acudía llena de admiración, para sentir el escalofrío del miedo ante los muñecos artificiales de cierto *Jacob de Vaucanson*, mecánico de *Grenoble*, y de los dos *Jacquet-Drotz*, padre e hijo, de la *Chaux de Fonds*, ante esos androides, provistos de aparato de relojería, de complicada mecánica y

de rostros de cera, que imitaban fielmente a sus creadores (Priberg & Costa, 1964)”.

Como actividad creativa, la composición constituye uno de los gestos humanos más complejos de sistematizar y comprender. Aproximar la forma como trabaja el compositor podría ayudar a definir los procesos susceptibles de abordarse desde la automatización (con máquinas), al tiempo que la automatización de la actividad compositiva podría dar luces sobre la lógica de los procesos cognitivos que tienen cita en la mente de los compositores. De hecho, como otras formas de arte, la composición musical, involucra una serie de factores que, por un lado la acercan al pensamiento formal, asociado a una fuerte tradición académica y a una tecnología propia, entendida ésta como un conjunto de saberes sistematizados y aplicados. Y, por otro lado, a una serie de subjetividades y formas de trabajo que dependen de la sensibilidad, del sentido estético, de la tradición y de la individualidad del compositor.

Como proceso, la composición musical, implica el conocimiento, la apropiación y el empleo de un conjunto extenso de normas asociadas con lo melódico (combinación de sonidos en el tiempo); lo rítmico (distribución de esos sonidos en el tiempo); lo armónico- contrapuntístico (simultaneidad de sonidos); lo orquestal (asignación del

papel de cada instrumento musical) y lo formal (arquitectura de la obra). Cada una de esas reglas se utiliza en consonancia con una tradición rigurosa y con una búsqueda estética del compositor que se articula en torno a una idea compositiva o un plan formal de composición.

La manera como el compositor combina estos elementos para producir una obra se caracteriza por pensamientos racionales (unos relacionados con el análisis cartesiano y otros con la síntesis) y con aspectos “no tan racionales”, cercanos al talento y lo que coloquialmente se ha denominado “la inspiración”. El compositor elige cuándo y hasta qué punto obedece las normas: unas veces se ajusta a ellas y otras las extiende o las transgrede.

Así como el compositor las utiliza, las reglas de la composición, a fin de ser automatizadas con máquinas, pueden ser gramaticalizadas, es decir, llevadas a un lenguaje simbólico formal y, de esta manera ser operadas mediante técnicas heurísticas, de aprendizaje de máquinas o de inteligencia artificial, en un proceso que, como lo señala *Stiegler*, abre nuevas puertas y posibilidades pero conlleva el costo de oportunidad asociado a la pérdida de conocimiento implícita en cualquier proceso de simbolización o modelado (para gramaticalizar un conocimiento es necesario simplificarlo, lo que implica renunciar a parte de su esencia).

En la actualidad, la mayoría de las formas de arte derivadas de la tecnología han superado los entusiasmos iniciales y los debates entre tecno-fobias y tecno-filias y han emergido como un rico abanico de posibilidades reflexivas que plantean interesantes utopías sobre aspectos que hoy constituyen temas de capital importancia en tanto tocan con el sentido y la posibilidad de continuidad de nuestra especie sobre la tierra y con nuestras posiciones respecto a la vida, la creación y el conocimiento.

Cuando se plantea la posibilidad de que parte del proceso compositivo sea asumido por las máquinas, el carácter ontológico del compositor adquiere nuevos matices; igualmente, el carácter teleológico de su obra se transforma. El autor, cede parte de su conocimiento a una máquina, lo gramaticaliza y lo simboliza, lo saca fuera de sí, renunciando a una buena parte de su esencia pero accediendo a nuevas posibilidades expresivas y creativas. El sitio tradicional del creador se tambalea al tiempo que se ilumina con una suerte de luces y de sombras que permiten interrogarlo en su esencia y plantearse diversas preguntas que, al tiempo que alimentan la reflexión poética, se convierten en material generador de nuevos conceptos estetizantes y creativos.

Una vez desprovistas de su trono divinizante y encarnadas por la máquina, la imaginación y la creatividad se convierten en herramientas que, lejos de transformar

la máquina en un fetiche, devienen en un dispositivo útil para la reflexión estética: la creación artística; entendida, a la manera de *Piero Scaruffi*, historiador musical y consultor de software, como una “Discusión con la cultura predominante”. Discusión en la que mi trabajo compositivo pretende poner en la palestra las condiciones ontológicas y teleológicas de eso que hasta hoy ha sido sagrado: el autor y su proceso creativo...y en última instancia: el antropocentrismo.

Y qué mejor perspectiva para reflexionar sobre la legitimidad del trono en el que se ha colocado al autor y lanzarle, quizás una bofetada, o al menos ironizar con su esencia, que la mirada, aparentemente ingenua de un compositor ciborg: “Un organismo cibernético, un híbrido de máquina y organismo, una criatura de realidad social y también de ficción” (Haraway, 1991); un ser que habita “en mundos ambiguamente naturales y artificiales (Haraway, 1991)”. De hecho, “Las máquinas de este fin de siglo han convertido en algo ambiguo la diferencia entre lo natural y lo artificial, entre el cuerpo y la mente, entre el desarrollo personal y el planeado desde el exterior y otras muchas distinciones que solían aplicarse a los organismos y a las máquinas” (Haraway, 1991).

El trabajo que se aborda en este escrito se sitúa en contexto de la Maestría en Artes de la Universidad de Antioquia, un programa que: “Propiciando un espacio de síntesis conceptual con procesos multidisciplinarios y pluridisciplinarios, en los que

problemas comunes de las diferentes áreas del arte, se discuten explorando los límites de las distintas formas de expresión artística para un conocimiento sin fronteras que supera la concepción moderna sobre la obra artística” (documento maestro del programa), el cual posibilita la emergencia, convivencia, colaboración y yuxtaposición de diversos dominios disciplinares y posturas conceptuales. Este hecho ha constituido para mí una oportunidad para reflexionar y crear un discurso y obra que se sitúa en los intersticios de las diversas epistemes y que plantea un ejercicio de búsqueda y toma de posiciones acerca de las miradas de las disciplinas del arte y la música desde la óptica de otras disciplinas. Por ello las artes, la música, las matemáticas y la ingeniería, se imbrican, en este trabajo, en una urdimbre conceptual, creativa y, si se quiere, filosófica, que propone nuevas rutas para el ejercicio creativo.

La naturaleza de este trabajo constituye la memoria de un proceso de creación que utiliza referentes teóricos basados en la ciencia y en la investigación y que exhibe altos niveles de positivización epistémica como muchas formas de arte que ingresan en la institucionalidad universitaria. Sin embargo, como lo define la Resolución 056 del Consejo de la Facultad de Artes, que establece las reglas de juego para la producción del trabajo de grado de la Maestría, éste obra como la memoria del proceso de investigación y creación desarrollado. De esta manera, el trabajo no

pretende ser sólo una tesis de investigación en sentido ortodoxo y canónico. Su enfoque pasa exhaustivamente por la construcción de conocimiento: hay método, hay búsqueda y hay productos... Sin embargo, el propósito trasciende lo investigativo hacia una meta que se instala en el orden de lo artístico y lo creativo.

Con el fin de darle forma a esa urdimbre que constituye la sima de mi proceso artístico, mi propuesta creativa está estructurada como un ciclo que va desde la composición musical en la que intervienen las máquinas, partiendo de la perspectiva de la matemática y la post-humanidad hacia el regreso a un humanismo re-significado y hominizador en donde el artista crea, interpreta y construye su propia poética en la que reflexiona sobre sí mismo, su hacer y el mundo del arte. Esta propuesta se ubica en el contexto del techno-arte, el software-arte, el arte computacional, el arte digital y la composición musical algorítmica (mediada por técnicas bio-inspiradas), la interpretación musical y el arte de los nuevos medios. En ella intervienen las matemáticas, la ingeniería de sistemas, la música y otros discursos auxiliares como la filosofía, la estética, la lingüística y la teoría de la información en un contexto en el cual el arte y la música se instalan en un rol esencialmente protagónico.

En síntesis, este trabajo de maestría tiene que ver con el lugar de lo humano en los contextos tecnológicos y el sentido de las miradas artísticas en el mundo de la post-

humanidad. El trabajo apuesta por que se asuman (no es posible hoy otra cosa) las tecnologías, porque nos dejemos hibridar y extender en nuestra humanidad, pero también porque la preservemos, a pesar (y a costa) de todo. Plantea la posibilidad concebir un individuo que se mezcla con la tecnología, se hace ciborg y se convierte un habitante de la post-humanidad y sin embargo, a pesar de su hibridación tecnológica, conserva su esencia humana y comprometida con su identidad y genera para su ejercicio creativo un contexto y una lógica de trabajo que permite a su *homo numericus* y su *homo faber* generar una propuesta artística que combina la tecnología de más alto nivel (como la inteligencia artificial y las máquinas digitales) con otros tipos de tecnología (o conocimiento sistematizado) como la composición y la interpretación musical.

En el estado del arte desarrollado para este trabajo se observan varias corrientes que incluyen la interacción interdisciplinar de las matemáticas, la ciencia, la tecnología y las artes. Todas han sido exploradas desde hace más de 50 años y, lejos de constituir una novedad, se han consolidado como formas legítimas del hacer artístico que ofrecen una amplia posibilidad de creación y de reflexión estética.

Desde el aspecto específico del desarrollo histórico de la música en la que intervienen las máquinas de cómputo se han utilizado gran cantidad de técnicas,

cada una de ellas genera aportes interesantes y, como es de esperarse, también padece ciertas debilidades. Entre estas técnicas, que se abordarán en el capítulo correspondiente, pueden enumerarse métodos estadísticos como las Redes de *Petri* (Pope, 1995), las Caminatas aleatorias (Klinger&Rudolph, 2007) y las Cadenas de Markov (Bell, 2011); métodos fundados en reglas como el Razonamiento basado en casos (Pereira, Grilo, Macedo, & Cardoso, 1997), los Sistemas basados en conocimiento (Papadopoulos&Wiggins, 1999) y la Programación con restricciones (Rueda et al., 2001); Métodos interactivos basados en grafos (McDermott&O'Reilly, 2011) y Máquinas de estado finito (McDermott&O'Reilly, 2011); técnicas de Aprendizaje de máquina como las Redes neuronales artificiales (Papadopoulos&Wiggins, 1999) y los Árboles de decisión (Klinger&Rudolph, 2007); sistemas interactivos emergentes, como los Autómatas celulares y los Fractales (Senaratna, Nuwan I., 2006); procedimientos de computación evolutiva como los Algoritmos genéticos (Papadopoulos&Wiggins, 1999); métodos que combinan la Computación evolutiva y las Gramáticas formales como la Evolución gramatical (de la Puente, Alfonso, & Moreno, 2002) y la Computación memética (Wells & ElAarag, 2011); sistemas que armonizan diversas técnicas como los Algoritmos genéticos interactivos (Wooller, Brown, Miranda, Diederich, & Berry, 2005) y la Computación simbiótica (Otani, Shirakawa, & Numao, 2014), además de muchos otros.

Posterior a la realización de un estado del arte en el cual se analizaron diversos antecedentes, se dio inicio a la fase creativa. Desde ésta, en la realización del presente trabajo de grado, se ha abordado la creación artística a partir de una perspectiva que arroja como productos tangibles: 1) este texto; 2) un par de productos de software; el primero, denominado ***Compocyborg Musicum Darwinium***, un generador de melodías que utiliza Programación evolutiva basada en Gramáticas libres de contexto y el segundo, bautizado como ***Compocyborg Luminus Tiresius***, un generador de visualizaciones sonoras y controlador de luces que convierte eventos sonoros (de audio y MIDI) en visualizaciones geométricas y; 3) la composición e interpretación de la obra **Sonoridades y utopías de la antroposemiosis post-humana**, una obra mixta para guitarra clásica, con acompañamiento de máquinas (sintetizadores) y visualizaciones sonoras; creación en tres movimientos que fue estrenada en la conferencia-concierto que constituyó el punto final de todo el proceso productivo desarrollado durante la maestría.

La labor que he desarrollado durante mi formación en la maestría constituye la memoria de una “continuación propedéutica” de un proceso que emprendí desde mi educación como Maestro en Música en Universidad de Antioquia y, posteriormente, complementé como ingeniero de sistemas, en la misma institución, con el fin de emprender el presente trabajo. Durante estas fases asumí la tarea de

desarrollar cierta destreza como compositor, enfatizar en los modelos de computación bio-inspirada y realizar ejercicios creativos que materializaron la oportunidad para experimentar al tiempo que se generaban las semillas de aquellas preguntas que habrían de dar origen y esencia a mi apuesta creativa.

El ejercicio creativo que constituye la presente tesis está estructurado en cuatro grandes secciones, en la primera se presenta su formulación general; en la segunda se hace un recorrido histórico que busca generar un estado del arte sobre la música hecha con algoritmos y con máquinas computacionales y sobre distintos tipos de influencia mutua que se han dado en el contexto de las artes y la ciencia; en la tercera sección se presenta una reflexión poética sobre la composición musical en la que participan las matemáticas y las computadoras y; en la cuarta se presenta la memoria del proceso creativo asumido durante la maestría.

Si bien, muchos de los paradigmas matemáticos y computacionales que se exhiben en esta obra ya han sido objeto de investigadores y creadores de amplia trayectoria y en los trabajos de estos autores, así como en el estado del arte de este escrito, pueden rastrearse sus aportes y sus limitaciones, este trabajo, debe considerarse, más bien como el fruto de una reflexión poética construida a partir de la composición de una obra que emplea un paradigma concreto, la **Evolución gramatical**, método que combina aspectos de la Computación evolutiva con el uso de Gramáticas libres

de contexto. Aunque es posible que la elección de esa técnica para generar melodías sea objetable en tanto es un camino ya transitado y, ampliamente explorado, su elección obedece a razones relacionadas con las intenciones filosóficas, estéticas y creativas derivadas de la conexión de la computación evolutiva con la biología, además de la voluntad de emprender una exploración personal y creativa conducida por mi búsqueda individual. En otras palabras, más allá de la calidad intrínseca de las melodías mismas que se generaron computacionalmente, el interés del proceso privilegió el factor estetizante asociado a la procedencia de las melodías en tanto derivaban de un método de generación inspirado en la evolución de los seres vivos, método que posibilitaba nuevos caminos de expresión y reflexión estética.

Durante este trabajo se pudo hacer una revisión importante de los antecedentes que dieron lugar a una toma de posición creativa; el desarrollo de dos productos de software y la composición e interpretación de una obra musical. Durante el proceso se hizo una reflexión auto-poética permanente y se generaron conclusiones importantes que, más allá del producto, aportan el valor de documentar una experiencia creativa que ilustra una parte de mi tránsito formativo como sujeto y como creador. De alguna manera, este escrito, además de la obra musical y los productos de software que se han presentado, constituye un diario de viaje y la

muestra de mi proceso creativo. Un proceso en el que pretendo construir una síntesis dialéctica de mi formación como músico y artista y que, seguramente, al cabo del tiempo arrojará los frutos que he soñado.

Como ya se ha insinuado, al tratarse de un trabajo interdisciplinar, en este texto aparecen conceptos relacionados con las artes, la música, la filosofía, las matemáticas, la ingeniería y el desarrollo de software.

A fin de facilitar la lectura a distintos tipos de público, he procurado explicar la mayoría de conceptos que consideré esenciales para la comprensión de este trabajo. Me excuso con los profesionales de alguna de estas disciplinas que puedan encontrar innecesarias estas explicaciones y espero que mi propósito de hacer comprensible este escrito, para una variedad de públicos, se vea satisfecho.

Así mismo, confío en que este aporte le sirva, a quien me conceda el honor de leerlo, como un punto de referencia sobre una manera posible de abordar, como proceso creativo integral, el desarrollo de software, la composición musical mediada por métodos computacionales y la reflexión poética y estética acerca de este tipo de procesos. Agradezco, finalmente a la Universidad por ser cuna de formación y sede de mis motivaciones académicas, artísticas y espirituales y a todos aquellos que aportaron su confianza, sus correcciones, sus críticas y su apoyo al presente ejercicio.

FORMULACIÓN DEL PROYECTO

En el presente capítulo se aborda la formalización del problema que se ha decidido abordar en el trabajo. Las siguientes líneas constituyen un ejercicio de delimitación y precisión de conceptos e interrogantes que, más allá de esperar una solución, pretenden servir como líneas guía para generar aproximaciones, discusiones, reflexiones y decisiones creativas.

Es menester comentar que este capítulo está influido notablemente por las metodologías de investigación pero no constituye un capítulo de investigación en tanto forma parte de un proceso creativo emprendido en el seno de dinámicas asociadas a la producción y formalización de conocimiento pero el eje rector, más allá de la solución de interrogantes de investigación, pretende ser la creación artística. Todo el discurso está orientado a ésta y a la reflexión poética que emana de su hacer.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los acercamientos a la creación musical asistida por máquinas han sido variados, la literatura da cuenta de su naciente pero profuso campo de estudio. Sin embargo, en la mayoría de las ocasiones se privilegian, de manera exclusiva, aspectos sintácticos y quedan por abordar otros. Entre ellos, dos que se convierten en las ideas generadoras de la preguntas que abordará este trabajo de investigación: el primero, referido a la valoración artística de las músicas generadas de manera algorítmica, el segundo, a la posibilidad de utilizar estructuras musicales generadas mediante técnicas de Inteligencia artificial como materiales sonoros susceptibles de ser aprovechados para componer música, en el sentido acostumbrado.

Tradicionalmente los roles del compositor, el intérprete y el público han estado bien diferenciados y han generado una dinámica de relaciones y de poder que les es propia. Cuando el compositor puede extender su acción a la manera de un ciborg, es decir: “Una mezcla de lo orgánico, lo mitológico y lo tecnológico [...] un ser que nos incorpora y que llevamos dentro (Yehya, 2001) ”(...). o un “Complejo organizativo extendido exógeno que funciona como un sistema homeostático” (Cline, Manfred & Kline, Nathan, 1960), se plantean posibilidades para subvertir esas relaciones y esas estructuras de poder: desmitificar al compositor, reflexionar sobre la esencia de su trabajo e interrogarlo desde su trono para someterlo a la

crítica y al análisis. Todas estas reflexiones pretenden ironizar un poco y cuestionar la legitimidad del papel del artista, el intérprete y el público desde una perspectiva que se pregunta por la vanidad y la soberbia de la tradición artística y, en último caso, el antropocentrismo de la sociedad contemporánea.

CONTEXTO SOCIOPOLÍTICO

El problema y la propuesta artística que plantea este proyecto se sitúan, por una parte, en el contexto del tecno-arte y de la humanidad extendida, desde donde se plantean preguntas acerca del lugar de la tecnología en el proyecto hominizador de nuestra especie; y por otra parte, desde la perspectiva del software-arte, desde donde se hacen visibles interrogantes que tienen que ver con el lugar del desarrollo de software y el ejercicio de la ingeniería en nuestro contexto. Desde ambas perspectivas se generan profundos interrogantes que tienen que ver con la función de la tecnología en nuestra vida ¿Queremos una tecnología para el hombre o un hombre para la tecnología? Preguntas como ésta se hacen más relevantes aún en un contexto local en donde la tecno-ciencia encandila la visión y compromete nuestras miradas con grandes trampas de seducción; tendidas desde un horizonte donde lo tecnológico se usa, no para hacer la vida más simple y fecunda, sino para generar dominación, sufrimiento y grandes brechas entre las sociedades. Urge preguntarse, entonces, por un nuevo tipo de humanismo, o quizás de, tecno-humanismo en donde se revivan preguntas fundamentales acerca de la trascendencia de un proyecto civilizador en un escenario en el que hombre y máquina dialoguen, sin falsos profetas ni promesas, para lograr un fin común: la

continuidad de la especie y el planeta. En ese contexto, el artista debe asumir un gran reto ético.

Más allá de retomar la clásica pregunta de Alan Turing sobre la “inteligencia” de las máquinas, el problema a abordar, como ya se ha dicho, toca puntos álgidos relacionados con el proceso creativo, el rol del creador y de su público y las situaciones de poder, implicadas en este espacio. Desde estos supuestos, se cuestiona la posibilidad de que la creatividad y la imaginación puedan delegarse, parcialmente a las máquinas. Es decir, se plantean posibles relaciones de cierta horizontalidad entre el hombre y la máquina al tiempo que se admite la participación del público en el proceso creativo, el cual, con la ayuda tecnológica, adquiere un conocimiento compositivo gramaticalizado a la manera de una prótesis que lo hace partícipe, hasta cierto punto, del acto creativo.

Se pretende desde aquí subvertir los cánones de lo creativo, considerado, antes de los aportes de científicos como Humberto Maturana, I. I. Gibson y Ulrich Neisser, como un asunto exclusivamente humano y quizás divino. Y, abordar la creación desde el reino del discurso de filósofos como Jerry Fodor, lógicos como Allan Newell y lingüistas como Noam Chomsky, quienes opinan que la conciencia es un procesador simbólico y, como tal, sólo una máquina y la “imaginación”, únicamente el resultado de un programa.

Y qué mejor perspectiva para reflexionar sobre la legitimidad del trono en el que se ha colocado al autor y lanzarle preguntas, o al menos ironizar con su esencia, que la mirada, aparentemente ingenua de un compositor que puede ser y dejar de ser ciborg a voluntad: “Un organismo cibernético, un híbrido de máquina y organismo, una criatura de realidad social y también de ficción (Haraway, 1991)”. Un ser que habita “en mundos ambiguamente naturales y artificiales (Haraway, 1991)”.

Se pretende entonces, reflexionar sobre la posibilidad de la humanidad extendida dentro de los procesos del arte en el que pueden intervenir el compositor y el intérprete ciborg con el compositor y el intérprete netamente humano (sin sus prótesis tecnológicas). Reflexionar sobre la máquina que extiende la humanidad sin pretender deificarla, sólo interrogarla y buscar posiciones que permitan abordarla desde múltiples perspectivas éticas, poéticas y creativas.

En otros momentos del arte digital se pretendía hacer de la máquina un Dios o lo contrario, satanizarla hasta proscribirla. Hoy, al margen de los debates entre tecnofobos y tecnofilos, es necesario buscar lugares que definan nuevas maneras de convivir con las máquinas, al fin y al cabo: “No se trata de tomar partido, a la antigua usanza, por el hombre y contra la máquina, porque es el hombre el que ha creado la máquina” (Fisher, Hervé, 2014).

El mundo contemporáneo ha construido múltiples maneras de sentirse en un entorno habitado por máquinas y humanos que se extienden sobre máquinas. Uno de los profetas de las promesas digitales, Nicolás Negroponte (Negroponte & Plating, 1996), ha declarado ya el fin de la era digital. Sin embargo, en nuestros contextos locales aún queda mucho que elaborarse respecto a nuestra relación con las máquinas digitales, aún se les habilita en el marco de múltiples utopías y se les llega a confiar, incluso, el papel de la futura evolución de nuestra especie. Es así como:

“Hoy es la tecno-ciencia digital la que ha tomado el relevo de las utopías sociales del siglo XIX y en la que ponemos nuestra visión del futuro. Y aún hay más: estamos dejando de incluir a la humanidad en el principio de adaptación darwiniana a la naturaleza. Porque vemos la tecno-ciencia como el nuevo motor prometeano para la evolución de nuestra especie. Nuestros imaginarios científicos y artísticos parecen así unirse bajo el signo de lo digital. No existe actualmente una teoría, sintética o global, de los imaginarios numéricos, a pesar de que éstos desempeñan un papel fundamental en la investigación científica y en las artes contemporáneas” (Fisher, Hervé, 2014).

Aún en nuestro contexto local en el cual la tecnología es un instrumento de dominación que constituye el arado encargado de ampliar día a día las brechas de la sociedad, los artistas que asumen el reto de los nuevos medios, se sienten tentados a proclamar utopías ingenuas en las que lo tecnológico se erige como promesa de plenitud. Esto constituye un riesgo grande a la hora de plantear un proyecto de tecno-arte. Así las cosas, resulta preocupante que:

“Los nuevos imaginarios desvalorizan el pasado, incluso el presente, para sobrevalorar los mundos digitales, inmateriales y una hiper-realidad futurista donde las coordenadas tradicionales de espacio y tiempo mutan a favor de la velocidad y de una lógica no lineal. Estos imaginarios expresan una enorme fascinación por la novedad, el post-humanismo, los universos paralelos donde se ejerce un poder tecno-científico miniaturizado en tiempo real, como si de una nueva magia se tratara” (Fisher, Hervé, 2014).

Sin embargo el deber del artista no es el de sumarse a utopías irreflexivas ni menos aún el de convertirse en un enemigo a ultranza de los poderes de las tecnologías, sin mediar la reflexión suficiente. No obstante, existen artistas que

están dispuestos, incluso a inmolarse, en nombre de un proyecto mesiánico digital:

A menudo hemos comentado lo ingenuo de la tesis de los representantes del post-humanismo, especialmente de Ray Kurzweil o de Max More o, en otro orden de cosas, nuestra eliminación bajo el imperio de memes que nos propone Richar Dawkins [...] Como hay locos religiosos, capaces de sacrificar su propio cuerpo, su espíritu y su libertad en aras de la tecnología, como si de un nuevo dios se tratara [...] ¿No es precisamente el papel de los artistas el de explorar estos límites? (Fisher, Hervé, 2014).

Urge asumir posiciones críticas, reflexivas y activas que nos ayuden a colocar la tecnología en su sitio y a plantear posiciones éticas desde las cuales se pueda generar un arte al servicio del proyecto hominizador de nuestra especie. Hacemos arte para vencer nuestra condición de primitivos, no para dejar que las máquinas que construyen nubes de humo que esconden la precariedad de nuestros proyectos civilizadores, nos impidan vislumbrar nuestros horizontes.

Además de la reflexión sobre el sentido de la tecnología, esta propuesta de software-arte, busca subvertir las lógicas utilitarias de la producción del software y la ingeniería y permearlas con ideas provenientes del mundo de las

artes. Se hace entonces posible, de este modo, confrontar otros males que hoy comprometen los procesos creativos, en nuestro entorno local, como la idea de la innovación tecnológica y el sentido teleológico otorgado a los sistemas y políticas públicas en materia de educación, ciencia y tecnología y a los sistemas estatales de gestión del conocimiento en cualquiera de sus niveles, todo lo cual se hace extensivo al mundo artístico.

El desarrollo de software en el contexto local está atravesado las por ideas de la utilidad, la innovación y la calidad; todas ellas sospechosas cuando se ven desde las grandes brechas de sub-desarrollo que azotan a nuestra comunidades; en especial, a Colombia. Subvertir esta lógica permite plantear reflexiones que lleven imaginar un software desde el cual se pueda trascender el ámbito de lo funcional y plantear problemas fundamentales relacionados con la existencia, la verdad, la estética y el arte.

DIMENSIONES E INTERROGANTES

El presente trabajo aborda tres dimensiones, la artístico-estético-filosófica, la compositivo-musical y la del software como arte. Para cada una de estas dimensiones se plantea un conjunto de interrogantes que, más allá de buscar una respuesta final, pretenden funcionar como vectores de pensamiento que orienten distintas reflexiones en el seno del trabajo creativo y reflexivo.

DIMENSIÓN ARTÍSTICO-ESTÉTICO-FILOSÓFICA

1. ¿Qué posibilidades estéticas, creativas, críticas, epistémicas y filosóficas “permite el considerar lo “compositivo algorítmico” como un aditamento de ciberborgización” (o como una interface) entre compositor, el intérprete y el público?
2. ¿Desde qué discursos teóricos de la estética o de otras teorías sobre el arte puede reflexionarse acerca de la música compuesta por la pareja hombre-máquina de cómputo (o el compositor ciborg)?
3. ¿En cuál de los agentes participantes (compositor, intérprete, público) reside (para este tipo de música) la "sobre-determinación Heideggeriana de lo técnico que define la obra de arte?

DIMENSIÓN COMPOSITIVA MUSICAL

¿Qué nuevas posibilidades creativas, musicales y comunicaciones le abre al compositor la relación ciborg (compositor-intérprete-músico) que se plantea en esta forma de hacer música?

DIMENSIÓN DEL SOFTWARE COMO ARTE

¿De qué manera puede el software desarrollarse y trascender su función (utilidad) para transmitir una visión subjetiva del universo e ingresar al mundo del arte como obra capaz de sobre-determinarse a sí misma?

CONCEPCIÓN DE LA INTERDISCIPLINARIEDAD PRESENTE EN ESTE TRABAJO

El presente trabajo se ubica en las categorías de tecno-arte, arte computacional, arte-digital, software-arte, composición musical mixta (acústica y electroacústica) e interpretación musical (guitarra clásica y sintetizadores automatizados), arte de los nuevos medios y software arte. Combina acciones creativas y performáticas en la composición, el desarrollo de software arte y la interpretación musical, desde la guitarra clásica, la música electroacústica y las artes visuales. Utiliza, así mismo, espacios disciplinares derivados de las matemáticas (en especial las probabilidades y la estadística), la inteligencia artificial y la ingeniería de sistemas (desde la computación evolutiva, el desarrollo de software, el procesamiento digital de señales). Su carácter interdisciplinario podría resultar obvio desde estas declaraciones, no obstante, se hace pertinente desglosar, aunque sea de manera parcial, las dinámicas que intervienen en el proceso y establecer la participación de las disciplinas que participan, por lo menos desde un esquema epistemológico simple el cual incluye los objetos de estudio, los compromisos paradigmáticos-metodológicos-de herramientas conceptuales, y los mecanismos de circulación del conocimiento y la producción presentes durante el proceso.

Adicionalmente, en la reflexión aquí propuesta, intervienen otros saberes. Entre ellos, la filosofía, los discursos de la inteligencia artificial, las estéticas expandidas y la lingüística.

A fin de delimitar, aunque sea de manera esquemática y parcial, la participación de las distintas disciplinas señaladas, se ha diseñado el siguiente cuadro, en él aparecen tres vectores de producción-creación: la composición musical, el desarrollo de software-arte y la interpretación musical. Estos vectores se contraponen a las categorías epistemológicas: “objeto de estudio”, “concepción paradigmática, metodológica” y “herramientas conceptuales” y “mecanismos de producción y circulación del conocimiento”. En la intercesión de los vectores de producción y las categorías epistémicas se encuentran las disciplinas y los elementos principales del ciclo de vida de cada uno de los vectores productivos. Los momentos del ciclo aparecen bajo las disciplinas que más intervienen durante su decurso. En la parte inferior del cuadro se muestra, a la manera de una “cadena de valor”, el conjunto de disciplinas que, de modo auxiliar, participan del proceso.

Así por ejemplo, para el vector “composición musical”, en la categoría “objeto de estudio”, en el ciclo de vida de la composición musical, en la fase denominada “pre-composición”, participan, en una proporción análoga a la dimensión horizontal del

recuadro “pre-composición”: las disciplinas “matemáticas”, “arte-música” e “ingeniería”.

Ciclos de vida del proceso								
Vectores de producción-creación Categorías epistemológicas	Composición musical (creación)			Software arte		Interpretación musical (acto performático)		
	Matemáticas	Arte-música	Ingeniería	Arte-música	Ingeniería	Matemáticas	Arte-música	Ingeniería
Objeto de estudio	Disciplinas							
	↓	Pre-composición Composición Reflexión poética		Concepción Desarrollo Uso-exposición		Guitarra clásica Electroacústica Visualización musical		
Concepción paradigmática, metodológica y herramientas conceptuales	Disciplinas							
	Arte-música	Ciencia (positivista)		Arte-música	Ingeniería	Arte-música	Ciencia (positivista)	
		Pre-composición Composición Reflexión poética		Concepción Desarrollo Uso-exposición		Guitarra clásica Electroacústica Visualización musical		
Mecanismos de Circulación de la producción y el conocimiento	Disciplinas							
	Matemáticas	Arte-música	Ingeniería	Arte-música	Ingeniería	Arte-música	Ingeniería	
		Pre-composición Composición Reflexión poética		Uso-exposición		Guitarra clásica Electroacústica Visualización		
Disciplinas auxiliares (cadena de valor)								
Lingüística Filosofía Estéticas expandidas Teoría de la información								

TABLA 1: MODELO DE INTERDISCIPLINARIEDAD

ENFOQUE METODOLÓGICO

El trabajo busca integrar en un solo proceso creativo-reflexivo el desarrollo de software-arte, la composición y la interpretación musical (que utiliza guitarra clásica, nuevos medios –visualización musical y las técnicas electro-acústicas destinadas a la interpretación en un contexto mixto).

Los siguientes son algunos de los principios metodológicos establecidos:

1. Se pretende hacer versiones incrementales de software que den cuenta de una memoria de reflexión estética y permitan la creación de material pre-composicional que a su vez se utilice para elaborar obras que serán interpretadas.
2. Como herramientas metodológicas, se utilizarán las que son propias del desarrollo de software. En concreto, la metodología OPEN-UP (proceso unificado abierto) la documentación técnica de su desarrollo mediante diagramas UML (Lenguaje unificado de modelado), la memoria del proceso creativo (documentación de los principios creativos, los procedimientos compositivos, los materiales sonoros definidos en la etapa pre-composicional, los diseños de dispositivos electro-acústicos y de visualización musical y la partitura de los distintos movimientos) y de desarrollo de software que actuará como un diario del proceso creativo, la

composición (entendida en sentido tradicional) y la reflexión teórica sobre el proceso desarrollado.

DESCRIPCIÓN DE PRODUCTOS

Este trabajo representa la confluencia de la composición musical que utiliza procesos algorítmicos bio-inspirados para su etapa pre-composicional, el desarrollo del software-arte y la interpretación y puesta en escena que incluye aportes de la guitarra clásica, la música electro-acústica, la inteligencia artificial y la visualización sonora basada en inteligencia artificial; además de la reflexión poética, estética y filosófica sobre el proceso creativo mismo. Todos estos ámbitos, en igualdad de importancia y sin ninguna estructura que los jerarquice configuran el objetivo de todo el proceso.

Si bien, de manera sucinta pudiera plantearse un gran objetivo para este trabajo y éste pudiera definirse, en su forma más ortodoxa como: “explorar la composición musical asistida por ordenador, mediante la técnica de la evolución gramatical, y producir una obra para guitarra y acompañamiento de máquina así como desarrollar el software necesario para lograrlo y plantear diversas reflexiones poéticas, estéticas y filosóficas en torno a los procesos implicados”, esa forma de concebir el objetivo esbozaría una cierta pugna entre los diversos propósitos al definir, de manera implícita, una estructura jerárquica indeseada y dejaría, además, de lado la exploración del software-arte que se plantea como meta de capital importancia durante el proceso de la maestría. De ser necesario plantearlo en términos de

objetivos, habría que formular uno de ellos para cada uno de esos ámbitos, sin embargo a fin de exterminar cualquier asomo de jerarquía, he optado por precisar mi propósito mediante la definición de un conjunto de productos definidos como posibilidad de verificación de lo que este trabajo propone. La construcción y contingencia de operación de estos productos constituye, de manera tácita el conjunto de resultados esperados.

Todo esto se hace material en cuatro productos: 1) el texto titulado **Compocyborg-antroposemios: re-significación del humanismo a través de la composición musical con técnicas bio-inspiradas de inteligencia artificial**, discurso que a manera de una “poética” explora los antecedentes y desarrolla los principios y las decisiones que sirven de marco general al proceso de producción creativa abordado; 2) un par de productos de software, el primero, denominado **Compocyborg Musicum Darwinium**, un generador de melodías que utiliza programación evolutiva basada en Gramáticas libres de contexto y el segundo, bautizado como **Compocyborg Luminus Tiresius**, un generador de visualizaciones sonoras y controlador de luces que convierte eventos sonoros (de audio y MIDI) en visualizaciones geométricas e instrucciones para controlar dispositivos de iluminación (utilizando el protocolo DMX 512) y; 3) la composición e interpretación de la obra **Sonoridades y utopías de la antro- semiosis post-**

humana, para guitarra clásica, sintetizadores y visualizaciones sonoras, una creación en tres movimientos que fue estrenada en la conferencia-concierto que constituyó el punto final de todo este proceso creativo.

POÉTICA CREATIVA

- Compocyborg-antroposemios: re-significación del humanismo a través de la composición musical con técnicas bio-inspiradas de inteligencia artificial

SOFTWARE ARTE

- Compocyborg musicum Darwinium
- Compocyborg luminus Tiresius

COMPOSICIÓN MUSICAL

- Sonoridades y utopías de la antro-po-semiosis post-humana, para guitarra clásica, sintetizadores y visualizaciones sonoras

PUESTA EN ESCENA

- INTERPRETACIÓN MUSICAL (como guitarrista y como programador del acompañamiento de máquina)
- VISUALIZACIÓN SONORA

ILUSTRACIÓN 1: PRODUCTOS DEL PROCESO

ESTADO DEL ARTE

El siguiente rastreo documental procura dar cuenta de los principales desarrollos dados en el contexto de las tradiciones disciplinares, estéticas, artísticas y científicas en las que se inscribe el presente trabajo. Cubre las áreas de matemática, ciencia y arte; artes digitales y música algorítmica desde diferentes frentes. Primero, desde la perspectiva global y, finalmente, desde la óptica de América Latina y Colombia.

MATEMÁTICA, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

«Aunque existan aún pseudo-humanistas para quienes la no comprensión de la matemática (no comprensión que les une a todo lo que no es humano) constituye algo de lo que sentirse orgullosos, el número creciente de profanos que se lamenta de no poder participar plenamente en este banquete de los dioses... es más bien tranquilizador» François Le Lionnais (Emmer, Michele, 2005)

ARTE Y MATEMÁTICA

Las líneas que siguen procuran documentar algunas maneras como la matemática y el arte se han relacionado a través de la historia de la civilización. La matemática constituye una construcción abstracta del intelecto humano compuesta por axiomas, preposiciones y teoremas; una vasta tautología que pretende expresar una verdad y una belleza absolutas y auto-referidas, que están por encima de lo práctico, lo utilitario y lo mundano; un conjunto de artificios construidos desde la lógica, pero también desde la exploración, la búsqueda y la intuición. Su nombre que etimológicamente podría traducirse, con cierta libertad, como: “Lo que es aprendido” (Iñigo, Ibaibarriaga, 2004), expresa una deliberadamente simple concepción de ese tipo de construcciones que normalmente sólo se logran a partir del arte y de la filosofía.

Además de la belleza intrínseca de las matemáticas, expresada de manera notable por grandes pensadores como Leibniz para quien: “El Arte es la expresión más alta de una aritmética interior e inconsciente” (Lionnais, 1965, p. 229), existe una

indudable conexión implícita e inexorable que la ciencia de los guarismos tiene con “el oficio de las musas”, como bien lo expresa San Agustín para quien: “El número vive en el arte” (Lionnais, 1965, p. 229).

La matemática podría ser considerada como una disciplina cercana, en muchos aspectos, al arte. Capaz de sobre-determinarse a sí misma en el sentido Heideggeriano. Su relación con el arte, expresada desde su lógica constructiva, su objeto de estudio y su método deberían constituir una conclusión lógica de su naturaleza. Sin embargo, su relación con lo que Danto llama, el mundo del arte, puede ser un poco más compleja, como lo sugiere Le Lionnais: “Hay una belleza en las matemáticas que no se debe confundir con la intervención de las matemáticas en la belleza de las obras de arte. La estética de las matemáticas debe ser distinguida de la aplicación de las matemáticas a la estética” (1965, p. 239).

La relación entre la matemática y el arte, entre ésta y la estética, tiene una larga e interesante historia. Ha habido momentos en que esta relación ha sido más evidente y explícita (la Escuela pitagórica, el Renacimiento, los primeros años del *Novecento* y el grafismo electrónico, por citar sólo algunos casos), y otros durante los cuales los lazos entre ambas disciplinas parecen debilitarse y desaparecer (Emmer, Michele, 2005). Sin embargo, la forma como estas disciplinas han interactuado a través del decurso de la civilización humana tiene bastantes amoríos y rupturas.

Desde momentos en que su fusión las hace indistinguibles, hasta otros en los que florecen falsos humanistas que declaran como una virtud la incultura matemática.

Muchos artistas se han declarado influenciados por las matemáticas. En 1912, Kandinsky, en su obra: “De lo espiritual en el arte”, sentó las premisas de un tipo de arte en el cual “La imaginación del artista se sustituiría por la concepción matemática” (Emmer, Michele, 2005). Más tarde (en 1949) el artista Suizo Max Bill, escribiría, que: «Por enfoque matemático no se debe entender lo que generalmente se llama arte calculado» Y que: «La matemática no es sólo uno de los medios esenciales del pensamiento primario y, por tanto, uno de los recursos necesarios para el conocimiento de la realidad circundante, sino también, en sus elementos fundamentales, una ciencia de las proporciones, del comportamiento de objeto a objeto, de grupo a grupo, de movimiento a movimiento. Y ya que esta ciencia tiene en sí elementos fundamentales y los pone en relación significativa, es normal que estos hechos puedan ser representados o transformados en imágenes» (Emmer, Michele, 2005).

En su obra, Bill aportó ejemplos, interesantes desde su punto de vista del artista, a partir de lo que llama los misterios de la problemática matemática como: «Lo inefable del espacio, el alejamiento o la proximidad del infinito, la sorpresa de un espacio que comienza por una parte y termina por la otra, que es

contemporáneamente la misma, la delimitación sin límites exactos, las paralelas que se intersecan y la infinidad que vuelve a sí misma” (Emmer, Michele, 2005).

Otro de los protagonistas del arte pictórico, que sin duda aportó al establecimiento de nuevos vínculos entre las matemáticas y el arte fue Escher. Al parecer, su relación con los matemáticos Penrose y Coxeter fue la motivadora de la obra “Belvedere”, su primera “construcción imposible”. Uno de los análisis más completos de la obra de este autor, desde la perspectiva matemática, lo ofrece *Doris Schattschneider*, en un artículo aparecido en las actas del congreso sobre Escher de 1985, y luego de forma completa en el libro *Vision of Symmetry*: “En el caso de Escher, no se está ante la obra de un artista que ilustra algunas ideas de la matemática, sino, más bien, que utiliza algunas ideas matemáticas para construir y elaborar su propio espacio geométrico” (Emmer, Michele, 2005).

Según Kline Morris (1994), uno de los historiadores más eminentes tanto de las matemáticas, como de las artes [en las matemáticas]: cada detalle de la obra final no se descubre sino que se compone. El proceso creativo debe, obviamente, producir una obra que posea diseño, armonía y belleza. Para él: «La comprobación definitiva de una obra de arte es su contribución al placer estético o a la belleza. Afortunada, o desgraciadamente, se trata de una comprobación subjetiva, que depende del grado de cultura en un sector específico. A la pregunta por si la

matemática posee o no una belleza propia, por tanto, sólo se le puede dar una respuesta por parte de los que tienen cierta cultura en esta disciplina” (Emmer, Michele, 2005).

Otro de los hombres que ha influido positivamente en la relación de las matemáticas y el arte ha sido el matemático Jacques Mandelbrot, padre de la Teoría Fractal. En las actas del congreso Matemáticas y arte, celebrado en 1991 en el *Centre Culturel Cerisy La Salle*, este intelectual se refiere a la espontaneidad de la matemática, según él: «La intuición inicial del matemático o del artista es libre, libre de la presión de lo real que pesa sobre las ciencias experimentales. La matemática, aparte de la evolución relacionada con la física, se desarrolla siguiendo una lógica propia, y, de hecho, no está ligada a la realidad. El matemático practica la matemática por introspección, como haría un artista” (Emmer, Michele, 2005).

Emmer (2005), por tu parte, sugiere que sea posible mediante la matemática elaborar una teoría científica de las artes que tenga sus mismas características de exactitud y universalidad. En esta línea se sitúan también matemáticos como George David Birkhoff (1884-1944), quien propuso una fórmula explícita de la sensación del placer estético en su ensayo “*A Mathematical Approach to Aesthetics*” (1931). Para este pensador, la legitimidad de una estética matemática se basa en el hecho de que todos los fenómenos psicológicos y sociales parecen revelar al

Homo mathematicus estructuras lógicas de manera que: «El vasto dominio del pensamiento matemático puro da testimonio de manera irrefutable de que tanto el mundo objetivo como el subjetivo son de naturaleza matemática». De ahí que en el ámbito de la estética se pueda reconocer y cuantificar un orden de tipo matemático determinado por factores como la simetría, la rotación, el equilibrio y la simplicidad. Según la teoría de Birkhoff, para expresar la medida estética de un objeto, simplificando al máximo, hay que determinar la función (estética) M , que mide la sensación del placer estético como relación entre el orden O del objeto y su complejidad C (Emmer, Michele, 2005).

Quizás uno de los campos de mayor despliegue interdisciplinar entre las artes visuales y las matemáticas sea el de la “visualización matemática”, en la cual no se trata simplemente, como se podría pensar, de hacer visibles al ojo fenómenos bien conocidos, mediante instrumentos gráficos. Sino más bien, de utilizar instrumentos visuales para conseguir hacerse una idea de problemas aún abiertos, sin resolver, en la investigación matemática. Es decir, aprovechar el potencial que la visualidad posee como una herramienta de razonamiento matemático. El ordenador, por ejemplo, es un auténtico instrumento para experimentar y formular.

La creatividad que se ha desplegado como producto de este ejercicio denominado “visualización matemática”, ha despertado en los cultores de esa disciplina la

ambición de ser considerados como artistas a todos los efectos. Y por otro lado, el redescubrimiento de la matemática por parte de los artistas. Evidencia de esta situación es el Festival de cine matemático de 1992, sucedido en el marco de un congreso de esta disciplina y en el cual se vieron, entre otras, imágenes de superficies mínimas, descubiertas hacía poco, acompañadas de la música de Jim Hendrix o Miles Davis. Otra evidencia de esta situación se manifiesta en los textos *The Beauty of Fractals* de Peitgen y Richter (1986) y *The Algorithmic Beauty of the Plants* (Prusinkiewicz et al., 1996) en los cuales los autores quisieron no sólo presentar una parte de la teoría matemática en la que se basan los fractales, sino que utilizaron ideas matemáticas como ilustración e incluso como pretexto de su actividad creadora.

Acerca de la Teoría de los fractales y de su relación con el arte, el propio Mandelbrot, señalaba que:

“La geometría fractal ha dado lugar a una nueva categoría de arte, próxima a la idea del arte por el arte. Un arte por la ciencia (y por la matemática). El origen del arte fractal reside en reconocer que fórmulas matemáticas muy simples que parecen totalmente áridas pueden ser, en cambio, muy ricas, por así decirlo. Portadoras de una enorme complejidad gráfica. El gusto del artista puede intervenir sólo en la

elección de las fórmulas, en su organización y rendimiento visual, lo que, evidentemente, corresponde a un proceso creativo que se ubica en un nivel de abstracción diferente al de la creación visual tradicional. En consecuencia, el arte fractal parece no tener cabida en las habituales categorías de 'invención', 'descubrimiento' y 'creatividad'.» Y añade que «hoy podemos afirmar que, aparte de la belleza abstracta de la teoría, está también la belleza plástica de la curva, una belleza sorprendente. Por tanto, en esta matemática, que tiene cien años, muy elegante desde el punto de vista formal, muy bella para los especialistas, existe también una belleza física, accesible a cualquiera... Utilizando el ojo y la mano, en matemática, no sólo hemos reencontrado la belleza antigua, que sigue intacta, sino que hemos descubierto una —belleza nueva, oculta y extraordinaria... Quien se dedica sólo a las aplicaciones prácticas quizás puede tener tendencia a no insistir demasiado en el aspecto artístico, porque prefiere atrincherarse tras los tecnicismos propios de las aplicaciones prácticas. ¿Por qué el matemático riguroso debería temer a la belleza?» (Emmer, Michele, 2005).

Finalmente, la belleza artística en las matemáticas surge desde la perspectiva del observador y está presente en todo lo creado. Cuando las matemáticas son vistas

por los ojos del artista, emergen grandes bellezas, como lo señala, una vez más Le Lionnais: “La matemática no es para el artista la matemática. No se trata forzosamente de cálculos, sino de la presencia de una realeza; de una ley de resonancia, consonancia y ordenación infinitas. El rigor es tal que de ella resulta verdaderamente la obra de arte, ya se trate de un dibujo de Leonardo, de la terrorífica exactitud del Partenón -comparable en la talla de su mármol a la talla de las máquinas herramientas-, del implacable e impecable juego constructivo de la catedral o de la unidad que da Cézanne a la ley que determina el árbol, el esplendor unitario de las raíces, del tronco, de las ramas, de las hojas, de las flores y de los frutos. No hay ningún azar en la naturaleza. Si se comprende qué es la matemática en el sentido filosófico se la discierne en todas sus obras” (1965).

ARTE CIENTÍFICO

Así como la matemática y el arte se han cruzado, de diversas maneras en su devenir disciplinar, la ciencia, en general, ha sido madre de nuevas derivas del arte del Siglo XX. Si bien, los vínculos entre estas áreas del conocimiento son antiguos, se han ido estrechando con el tiempo. Basta recordar los nombres de Leonardo da Vinci, Alberti y Brunellesky; o las relaciones entre los pintores impresionistas y la obra del químico francés Chevreul para ilustrar la tradición de esta relación.

Desafortunadamente, los efectos del Racionalismo clásico y el Positivismo del Siglo XIX, sumados al “mito” de que el conocimiento científico es exclusivamente racional en tanto que el artístico es exclusivamente intuitivo, (afortunadamente cuestionado por Feyerabend), han acercado nuevamente los límites entre la razón y la imaginación, la objetividad y la subjetividad, la demostración y la creación y el trabajo en equipo y el genio individual (Fisher, Hervé, 2014).

Afortunadamente, desde la década de los años sesenta, los límites entre el conocimiento científico y el dominio del arte han ido cediendo dando lugar a interesantes manifestaciones. Es así como el diálogo entre disciplinas, propio del mundo antiguo, ha sido restablecido poco a poco en la sociedad contemporánea. Son evidencias del nuevo florecimiento de esta relación, la revista Leonardo, fundada por Franck Malina, uno de los precursores del arte cinético; las comunidades artísticas en Internet como la Red Yasmin y las iniciativas como la del Museo de Ciencias de San Francisco y su famoso *Exploratorium*, fundado por el físico Oppenheimer, en que se invita a los artistas a presentar sus instalaciones inspiradas por la ciencia. Conducta que, en hora buena, ha sido emulada por otros museos científicos (Fisher, Hervé, 2014).

Hoy numerosos artistas han posibilitado comunicaciones fluidas entre el arte y la ciencia dando lugar a variadas formas de tecno-arte o de arte-ciencia, que han ido

desarrollando un diálogo, cada vez más activo con las “ciencias duras” como la astrofísica, la física cuántica, la simulación; el modelado virtual de espacios, los ecosistemas, la biología, la genética, la virología y la teoría de los “memes”; la contaminación viral, las nanotecnologías, la robótica, los agentes inteligentes, el control de la identidad genética y digital, la tele-vigilancia, etc. Hoy se habla, no sólo de arte matemático, por ordenador, o fractal, sino de bio-arte; arte espacial, arte ecológico, arte telemático o arte socio-biológico (Fisher, Hervé, 2014).

Entre los precursores de estos movimientos podrían citarse los siguientes: Frank Malina, Mandelbrot, inventor de los fractales (1991); Piotr Kowalsky y sus “máquinas del tiempo” (1980); Louis Bec (1984), y sus quimeras para-naturalistas. Además, los ejemplos de bio-arte, el día de hoy, incluyen las obras del brasilero Eduardo Kac, famoso por su Conejo verde fosforescente transgénico; las esculturas semi-vivas realizadas mediante cultivo de tejidos por los australianos Oron Catts e Ionat Zurr (en el Laboratorio Symbiotica de Investigación Artística, una entidad dedicada a la exploración artística de las ciencias biológicas); las morfologías de la portuguesa Marta de Menezes; los híbridos de lo orgánico y lo inorgánico del americano Ken Rinaldo; los experimentos en la vida artificial, los autómatas celulares, los sistemas multiagente, los algoritmos genéticos y las quimeras bióticas. Y, en 2004, el grupo de investigación de las artes mediáticas de la UQAM, el cual dedicó un coloquio,

celebrado en el Museo de Arte Contemporáneo de Montréal, al tema del bio-arte (Fisher, Hervé, 2014).

Otro movimiento importante en el contexto de las artes científicas es el que surge de la exploración del espacio y la astrofísica. El observatorio Leonardo de las artes, las tecnologías y las ciencias (OLATS) define el “arte espacial” como el conjunto de prácticas artísticas en el entorno extraterrestre o condicionadas por la presencia humana en este entorno extraterrestre. Este movimiento está representado por artistas como Arthur Woods o Peter Frennd, que conciben asentamientos planetarios futuristas o proyectos de comunicación interestelar SETI (2002) como arte en condiciones de ingravidez o actividades de la asociación internacional de artistas en astronomía (2006) (Fisher, Hervé, 2014).

Estas relaciones han creado nuevas potencialidades y han despertado grandes utopías, pero también suscitan enormes preocupaciones, sobre todo en el campo de la ética. Fisher Verve, nos advierte sobre algunas de estas preocupaciones:

Estos artistas exploran todas las declinaciones de la convergencia y sueñan con obras multimedia, multi-sensoriales, incluido el arte total con inmersión en universos virtuales, portadores de una nueva fuerza humana y de una nueva estética digital [...]. Se interesan por la

interactividad y por todos los tipos de interfaz hombre-máquina, donde las *performances* les hechizan como si fueran nuevos poderes mágicos que tendrá el *homo numericus*, a partir de ahora, chamánico. Combinan la captación realista y las imágenes de síntesis y se interesan tanto por la humanización de la máquina como por la maquinización del cuerpo humano (*empowerment* y biónica). Inventan, unos, poder que satisface nuestros deseos, y nos hace evadirnos hacia mundos imaginarios virtuales con la ilusión de escapar de los límites de nuestro cuerpo y del mundo real. Explorando los de la tecnología imaginaria, se acercan a la ciencia ficción, a los juegos de video y al cine (Fisher, Hervé, 2014).

ARTE POST-HUMANO: MAQUINISMO PROFÉTICO QUE HIBRIDA EL CUERPO Y LA TECNOLOGÍA

Entre las formas de tecno-arte o arte científico que merecen una especial atención (relacionada con el objeto de estudio de este trabajo) se destacan aquellas manifestaciones que extienden el cuerpo humano por medio de la tecnología. El arte del ciborg, ese que se pregunta por la post-humanidad y que, en algunas ocasiones, es fecundo al proponer reflexiones, utopías y alternativas para habitar la realidad, la tecnología y la misma humanidad, pero que en otras ocasiones llega a

glorificarse peligrosamente, poniendo en entredicho todos los humanismos y generando profundos cuestionamientos éticos.

El artista australiano Stelarc, practica *performances* sobre su propio cuerpo. Él ha declarado (en la revista Leonardo, en 1991) que: “Es hora de preguntarse si un cuerpo bípedo, con visión binocular y dotado de un cerebro de 1.400 c.c. es una forma biológica adecuada”. Afirma, además, que: “Lo que tiene sentido ya no es la relación hombre-mujer, sino el interfaz hombre-máquina”. Para él, el cuerpo humano está obsoleto. Su obra pretende plantear una propuesta estética en una era que se sitúa al final de la filosofía (el pensamiento) y la fisiología humana. Según su lógica: “El significado de la tecnología podrá ser el alcanzar una conciencia diferente: post-histórica, trans-humana, incluso, extraterrestre” (Fisher, Hervé, 2014).

Para los artistas que se ubican en este tipo de posturas:

“Parece que el objetivo mismo de esta naturaleza es híbrida, un ejemplo, de este súper-cerebro quimérico al que parecemos aspirar, es vincular las características de la humanidad, de la animalidad (con sus capacidades sensoriales que son superiores a las nuestras) y de la máquina (con la superioridad digital y la fiabilidad que nosotros la atribuimos). Entonces podremos formular este deseo: sobrepasar

nuestros límites, explotar el “muro del futuro”, o eso que la ciencia ficción llama “singularidad”, para acelerar nuestra evolución y cumplir nuestro destino como seres humanos. Las artes científicas, el cine y la literatura de ciencia ficción, se unen también de una manera especial a estas inquietudes porque se inspiran en el imaginario arcaico-numérico y en la investigación tecno-científica y sustituyen los grandes interrogantes de la humanidad en el corazón de nuestra creación cultural del Siglo XX” (Fisher, Hervé, 2014).

LA CIENCIA AUXILIADA POR LAS ARTES

Así como el arte se ha alimentado de la ciencia, es preciso decir que también ha sucedido el fenómeno contrario, la ciencia se ha valido de recursos derivados del arte para lograr varios propósitos. Por ejemplo: El genetista Susumo Ohno, ha generado música a partir de secuencias de ADN y ha utilizado a ésta para detectar anomalías en el código genético que se hacen evidentes al convertirse en “incoherencias” musicales (Ohno, 1987); los bioquímicos Dunn y Clark (Dunn & Clark, 1999), han transformado secuencias de proteínas en equivalentes polifónicos que revelan, por medio de disonancias, las modificaciones en los datos científicos.

Hugh Lusted, ha parametrizado los movimientos de los músculos del cuerpo humano y los ha transformado en señales eléctricas, que, a su vez, se transforman en sonidos musicales con un instrumento electrónico que han bautizado como Biomusa, y asegura que, en el futuro podría ser empleado para detectar patologías en estos sistemas (Sánchez de Andrés, Leticia, 2012).

ARTE E INVESTIGACIÓN

Quizás uno de los aspectos en los cuales el arte más ha sido colonizado por las ciencias es el de las relaciones (a veces impuestas por diversas formas de institucionalidad como las universidades) entre arte e investigación. Cada vez se habla más de artistas-investigadores y de “investigación creativa”. En tanto la formación de los artistas ha pasado de las instituciones de bellas artes a las universidades se ha incrementado la exigencia para que éstos precisen su metodología y conviertan sus esquemas conceptuales en formas investigativas (Fisher, Hervé, 2014). Es decir, las formas de hacer arte se han positivizado y racionalizado. Cada vez se hacen más esfuerzos por construir una epistemología científica que haga aprehensible lo que, en su famosa cita sobre su “Evolución creadora”, Bergson denominaba: “Esa imprevisible nada que es el todo de la obra de arte”.

Aunque muchos artistas se muestran apáticos a la adopción de paradigmas positivistas en el universo del arte y llegan a considerarlo una máscara o un eufemismo (Fisher, Hervé, 2014), otros parecen aprovechar los beneficios de esta nueva manera de acercarse a la ciencia. Sin embargo, esta situación resulta paradójica en un contexto en el cuál los epistemólogos de la ciencia como Feyerabend, tratan de demostrar la necesidad de superar los paradigmas racionalistas y cada vez más, las comunidades científicas se hacen más conscientes de la necesidad de ampliar las formas de construir conocimiento.

Al respecto reflexiona Hervé Fisher:

“Más allá de la crisis del racionalismo, proclamada por el posmodernismo, nuestra problemática radica en la hipótesis de una nueva postura epistemológica, que tiende a abrir la ciudadela clásica reduccionista del racionalismo cartesiano a las metodologías heurísticas creadoras y a asumir los riesgos para salir en busca de referencias para la creación artística. Y al contrario, muchos artistas contemporáneos no sólo han dejado de temer a la ciencia, sino que han descubierto una nueva imagen del mundo que les fascina y que les parece inclusive que adelanta a las bellas artes porque es más audaz, más aventurera, más creativa. Entonces creemos en un acercamiento entre las metodologías

científicas, que se adelantan a las tendencias, y el saber hacer de los artistas, que frecuentan los campos de investigación” (Fisher, Hervé, 2014).

Sin tomar partido respecto a las posturas extremas que distancian el arte de las disciplinas científicas, resultan reveladoras posiciones que emergen de las ciencias cognitivas y que aseguran, como en el caso del psiquiatra y neurólogo Robert S. Root-Bernstein: “Que el pensamiento creativo es trans-disciplinar y que las habilidades musicales y científicas son talentos correlativos”. Este autor define, incluso, un nuevo fenómeno de percepción neurológica: la sinosia, entendida como la capacidad que manifiestan algunas personas para sentir, simultáneamente, de un modo multimodal y sintético, el sonido musical y la intuición científica. Como ilustración de esta situación se comenta que Richard Feynman, premio Nobel de física y, probablemente, el físico más creativo y original del siglo XX después de Einstein, aseguraba que las ecuaciones que había descubierto para describir los fenómenos físicos más complejos se le manifestaban como sonidos particulares que él podía transmitir a sus colegas, bien vocalmente, o bien a través de *glissandos* en un instrumento o como secuencias rítmicas para tambores” (Sánchez de Andrés, Leticia, 2012).

EL TECNO-ARTE COMO ESCENARIO DE UTOPIÁS

Este nuevo arte tomó el relevo en la construcción y la gestión de aquellas utopías que desarrollaron para la sociedad industrial las vanguardias artísticas durante la primera mitad del siglo pasado y las reemplazó por las de la sociedad digital-cibernética (Alcalá, José Ramón, 2013)

El arte tecnológico se ha convertido en un escenario en el que se formulan, se revisan, se re-sitúan, se re-significan y se confrontan muchas de las utopías que originalmente nacieron con las vanguardias artísticas del Siglo XX.

“Entre las innumerables opciones que hoy en día pueblan el universo de la llamada post-vanguardia, en cuyos extremos conviven orientaciones tanto abiertamente nihilistas como ingenuamente utopistas, existe un registro que se distingue del resto y en el que podría dejar ver una particular y renovada relación con las viejas perspectivas: la voluntad de emancipación absoluta del arte, que condujo a la eventual superación, tanto desde el punto de vista de la producción como de la recepción, de la idea de obra autónoma formalmente vinculada a una u otra tradición específica, medio tradicional o género heredado (Alcalá, José Ramón, 2013). Este hecho generó una situación que hoy se revisa y produce una nueva utopía que deriva de la voluntad de conectar (cuando no fusionar) el arte y la vida.

En este contexto aparece una nueva voluntad de re-configurar las relaciones entre el arte y la vida que ha dotado los discursos artísticos de un verdadero sentido de

vanguardia social, en agente transformador, incluso revolucionario, destructor de viejos valores e introductor de lo enteramente nuevo en el fatigado mundo de todos los seres humanos (Alcalá, José Ramón, 2013).

Todo esto se da en un juego de coordenadas en el cual: “La vida cotidiana no sólo está condicionada por los ingenios de la industria, el transporte y la comunicación (y la guerra) que desconcertaban a los occidentales de la década de 1920 y 1930, sino que se ha adentrado en un registro en el que la inexorable mediatización de las nuevas tecnologías, con sus innumerables, omnipresentes aparatos electrónicos en permanente transmutación y potenciación ha generado una sociedad globalizada, casi universalmente cibernética, aunque no por ello menos convulsa o mejor orientada”(Alcalá, José Ramón, 2013).

En medio de ese contexto complejo, el arte y la tecnología que se habían distanciado, progresivamente de los escenarios en los que se vive a diario, inician un camino de regreso, en la medida en que la vida cotidiana se halla determinada por las tecnologías electrónicas, la mediatización y la post-humanización. Acaso ¿no cabe esperar que sea en el ámbito del arte electrónico donde esa relación con la vida adquiera sus rasgos más nítidos? (Alcalá, José Ramón, 2013).

En el ámbito contemporáneo el arte tecnológico ha venido desempeñando un papel protagónico en el proceso de renovación de los viejos imaginarios culturales y en la fundación de nuevas instancias en donde puedan reposar –o no– tales anhelos. El artista que ha venido trabajando con los nuevos medios tecnológicos ha devenido un sujeto cibernético altamente prostético y, por ende, en condiciones de colaborar en el desmantelamiento del poder sacralizador de la tecnología. Este artista, ha adquirido una nueva misión en el contexto de la micro-política que consiste en poner “en su sitio” el poder que las sociedades han concedido a la tecnología. Es así como en el escenario actual el debate entre tecno-fílicos y tecno-fóbicos ha sido por fin superado, lo que re-plantea el lugar y el sentido político del artista.

Contrasta con lo expuesto el hecho de que muchos creadores, incluso, empiezan a sentirse agotados por la excesiva dependencia de la tecnología y se quejan, sobre todo, de las perniciosas consecuencias que ocasiona su uso y abuso por parte de los gobiernos y de los poderes fácticos a escala planetaria. Algunos de ellos empiezan a alzar sus voces con fuerza y a actuar –crear– condicionados o impulsados por esta situación (Alcalá, José Ramón, 2013).

El desmoronamiento de la antigua cultura analógica y la previsible obsolescencia de sus viejos paradigmas sociales, hoy todavía vigentes –o, al menos, no del todo desmantelados–, envuelven la conciencia social actual en una aterradora pesadilla,

inundándola de nuevos monstruos, fantasmas y alienígenas. Hoy en día el arte digital sigue trabajando activamente en pos de la reactualización de su capacidad poética. El arte digital logró infiltrar esa capacidad poética en territorios tan materiales como es el caso de la arquitectura, que con sus propuestas de alta tecnología y su capacidad para poetizar el espacio envolvente –y lejos, por cierto, de las modernas utopías urbanas de la arquitectura de vanguardia del Siglo XX– abanderan, a partir de la década de 1990, la capacidad de construcción de nuevos y fantásticos imaginarios.

Entretanto, el fabuloso desarrollo tecnológico acontecido a lo largo de estas últimas décadas va a posibilitar la utopía de la construcción de una nueva identidad, basada en la creación de un individuo autónomo, súper-conectado, hiper-informado y plenamente ubicuo. En otros casos, se da que la conciencia de la súper-tecnologización de la realidad y de sus individuos hace que éstos, eventualmente decepcionados e impotentes, terminen por asumir un destino como híbridos. Como lo señala Ollivier Dyens en «*Hybrid Reality*» (Dyens, 2005, pág. 45-49), en su texto, escrito para el catálogo del festival *Ars Electronica* (que ese año se titulaba de forma genérica *Hybrid, Living in Paradox*)– (Alcalá, José Ramón, 2013).

En conclusión, la utopía de la identidad renovada, múltiple y poliédrica, reconfigurada a través de las redes sociales telemáticas, conduce hacia la

prolongación de su significado originario, que tiene que ver con el —complejo escenario que constituye el nuevo entorno específico para la creación y la producción artística

La promesa de un conocimiento expandido y compartido que llevaría en la fase de plenitud de la ciber-sociedad hacia una mente o inteligencia conectiva (Ascott, 1999), donde los nuevos paradigmas cibernéticos de acceso y desarrollo del conocimiento serían externalizados a partir del propio organismo -biológico para ser atendidos desde otro cerebro-red o cerebro-nube (en su versión más cercana a la actual) a través de Internet, no se ha cumplido, o tal vez no ha alcanzado aún la fase de madurez pronosticada y que todavía sigue señalada en la hoja de ruta cibernética.

Conforme con su misión programática, todo net-artista debía —y de hecho podría—, mediante el uso de estas nuevas tecnologías, convertirse en el único gestor de todo el sistema del arte. Algunas de aquellas proclamas del manifiesto del net-art no sólo no han podido cumplirse, sino que están reforzando y exigiendo la vuelta de algunas de las figuras y de las condiciones características del mundo tradicional, como es el caso particular de la necesidad de establecer filtros de calidad e instituciones-arte que posibiliten la creación y presencia de entornos de fiabilidad y excelencia para las prácticas artísticas (y para todo lo demás, en general).

La identidad en la red formaliza el deseo del nuevo individuo nativo digital: desde el sexo virtual (de igual a igual –P2P–, inocuo y sin compromiso) a las nuevas identidades-red (reconocimiento del yo extraviado a través de redes sociales, chats, blogs...). Ese individuo contemporáneo, desorientado y aturdido por la imagen poliédrica que de él proyectan los espejos-pantalla en los que se mira, y a través de los que es observado y que soportan su comunicación y sus relaciones sociales – privadas y públicas–, termina por aprender a gestionar las imágenes electrónicas que cimentan el espacio-tiempo virtual en el que habita.

La creatividad ya no es patrimonio exclusivo de las bellas artes, sino que tiene en la actualidad una fuerte implantación en todos los procesos mediáticos y disciplinas científicas de alto rendimiento. El artista se siente confundido e inseguro al no poder definir con claridad y precisión sus funciones, sobre todo dentro del entorno de la investigación inter-disciplinaria, probablemente porque no tiene tampoco sólidamente implementadas sus capacidades y competencias específicas.

Respecto a los procesos de creación se han dado varios fenómenos: La emergencia de la oclocracia, el gobierno de la muchedumbre, que genera lo cualitativo a partir de lo cuantitativo; la aparición recurrente de procesos colaborativos de creación, los laboratorios del procomún o la creatividad horizontal. Cabe anotar que son numerosas las experiencias negativas en torno a la puesta en escena de esa

deseada creación artística colaborativa existente en el imaginario de esta utopía actual, lo cual lleva a muchos especialistas a preguntarse si, en la práctica, puede ser la creatividad un proceso colectivizado.

Otra de las utopías que cobran nueva vigencia es aquella que pretende hacernos creer que ficción y simulación pueden fundirse en una misma realidad consensuada. Esta situación es consecuencia del programa de desmantelamiento de la fotografía como documento, como realidad. J. K. Potter, Patricia Piccinini, Aziz y Cucher, Yasumasa Morimura o Mario Aiguavives son algunos de los artistas cuyos trabajos infográficos mejor ilustran esta tendencia. Otros, dan una nueva luz al relevo ficcional tomado por el videoarte, liderado por el programa visual-narrativo de otras figuras indiscutibles de la cultura digital, como Chris Cunningham, Spike Jonze o Matthew Barney, entre los más destacados (Alcalá, José Ramón, 2013).

Pero, sin duda alguna, una de las más poderosas y deslumbrantes utopías actuales del arte tecnológico es la que surge del maridaje entre las tecnologías informáticas y las telemáticas, y que ha dado paso a la construcción de un clon perfecto del mundo físico real que, a falta de poder constituirse como un espacio, dada su virtualidad, se ha convertido en un lugar que aspira a ser gestionado y habitado. A través de este nuevo rol, el valor cognitivo del arte recobra toda su potencia y capacidad de representación.

En suma, sólo la capacidad de imaginación e inventiva de los mejores artistas electrónicos permitirá la ideación de estrategias de representación capaces de dar forma, levantando sus mapas y sus cartografías virtuales, a este nuevo mundo que, sorprendentemente, se va a comportar como el real. Esto es, rigiéndose por las mismas leyes que éste: la geometría, el álgebra y la matemática como optimizadores de sus propiedades funcionales (Alcalá, José Ramón, 2013).

MÚSICA ALGORÍTMICA

ANTECEDENTES DE LAS MÁQUINAS COMPOSITORAS

El utilizar la máquina y la técnica artísticamente por medio de la música ha quedado hasta el día de hoy en un simple experimento, que en los años veinte halló continuamente partidarios, aunque apenas tuvo resultados duraderos, pero se trata seguramente de un experimento que será reanudado una y otra vez y un día habrá de tener esperanzadores resultados” (Priberg& Costa, 1964, p. 133)

En este capítulo, se hace una revisión documental sobre los antecedentes del objeto de estudio del presente trabajo. Se abordan los diferentes tipos de dispositivos que, desde el mundo antiguo, han pretendido generar, de manera artificial, música.

El capítulo se compone de tres apartados. En el primero, se abordan los dispositivos conceptuales que generan música de una manera artificial. Estos dispositivos conceptuales, son básicamente, objetos o teorías matemáticas que, entendidos desde una perspectiva amplia, constituyen un primer tipo de máquinas compositoras. En un segundo momento, se documentan máquinas físicas, en general autómatas, provistos de mecanismos de relojería y concebidos en un mundo antiguo. Finalmente, se narra la historia de los dispositivos de software y las técnicas de inteligencia artificial a los que se ha confiado la tarea en mención en una época más reciente.

MÚSICA Y MÁQUINAS CONCEPTUALES: ALGORITMOS COMPOSITORES

“Y desde entonces Música; la misma explosión combinatoria a partir de algunas notas de una gama cualquiera, lleva a oír y a contemplar una mar –igualmente infinita- de canciones, melopeyas, salmodias, sinfonías, sonatas, jazz hot, blues, rock, country, góspel, rap, Groove, soul, techno, slam, electro... todas partituras pasadas, presentes o por venir. Horizonte de la armonía (entente), iba a decir del entendimiento (entendement)”(Michel Serres, 2011, p. 35).

Allí están los seres automáticos del pasado, trozos muertos de lata que claman por el sueño de encarnar en otro sueño, aquel en el que las matemáticas sublevar la tarea de asistir y asumen la vida propia. Las matemáticas son la vida misma, no son como el arte, son arte: cantan a lo posible, al infinito, a lo imposible, lo inabarcable, lo eterno... Se sobre-determinan a sí mismas.

Las matemáticas constituyen el ancestro inmediato y la base tutelar sobre la cual se instaura la computación. Las primeras máquinas para generar música fueron “objetos matemáticos”... conceptos materializados en algoritmos; máquinas hechas de ideas.

Respecto a la relación de la música y las matemáticas, o más bien, al carácter matemático de la música, es interesante recordar que:

La palabra música tenía un significado más amplio en la antigua Grecia que en la actualidad. En la mitología, las Musas eran nueve diosas hermanas protectoras de las artes y las ciencias: Clío, Euterpe, Talía, Melpómene, Terpsícore, Erato, Polimnia, Urania y Calíope. Euterpe era la protectora de lo que hoy llamamos música; Urania, de la astronomía.

Las otras musas protegían diversas formas de poesía y danza. La música era inseparable de la poesía y, como veremos, también de la astronomía. Las enseñanzas de Pitágoras (ca.570-497AC) incluían la aritmética y la música en forma conjunta. La aritmética permitía la comprensión del universo físico y espiritual, en tanto que la música era un ejemplo de la armonía universal (Miyara, Federico, 2002).

En el mundo antiguo, las preocupaciones matemáticas por la música se referían a la naturaleza de los intervalos, los fenómenos de consonancia y disonancia y la correspondencia de éstos con las concepciones del mundo que se tenían en ese entonces. Dichas perspectivas correspondían a lo ontológico y a lo gnoseológico. Desde esa mirada, son relevantes los trabajos de Pitágoras, Platón, Aristóteles, Ptolomeo, San Agustín (y sus modos rítmicos), Gioseffo Zarlino (1519-1590), Boecio, Mersenne (1588-1648), Johannes Kepler, Descartes, Rameau, Krause, Kant o Hanslick entre otros (Miyara, Federico, 2002), (Sánchez de Andrés, Leticia, 2012), (John Maurer, 1999), (Norton, Heath, & Ventura, 2011).

Uno de los primeros compositores en introducir la idea de la aleatoriedad (naturalmente mucho antes de que esto pudiera formalizarse de manera matemática) fue Guido D'Arezzo. Su método se basaba en asociar sonidos musicales a las sílabas de un texto, con lo cual la evolución de la melodía estaba

controlada, más que por reglas específicamente musicales, por el fluir del discurso seleccionado (Miyara, Federico, 2002).

En el mundo moderno podrían citarse ejemplos de este tipo de procedimientos, tales como la utilización que Beethoven (en su quinta sinfonía) o Bartok, (en su música para Orquesta, percusión y Celesta) hacen de la serie Fibonacci (Iñigo, Ibaibarriaga, 2004). Por otra parte Bartok adoptó la relación áurea como principio rector para la estructuración de varias de sus obras. No sólo utilizó este principio para establecer las proporciones entre los diferentes segmentos, sino que lo empleó para construir acordes y melodías. (Para comprender este fenómeno compositivo es interesante recurrir a los análisis de Larry Solomon sobre la obra Música para Cuerdas Percusión y Celesta) (Miyara, Federico, 2002).

Más tarde Stockhausen empleó la serie de *Fibonacci* para establecer secuencias de duraciones sonoras. Es el caso de sus dos primeras obras, en las cuales los números de Fibonacci se usan prominente y sistemáticamente. Por ejemplo, en "Klavierstück IX" la mayor parte de los compases tienen indicaciones métricas relacionadas con la serie (Sánchez de Andrés, Leticia, 2012).

En la segunda mitad del Siglo XX, compositores como Iannis Xenakis y Milton Babbitt (Sánchez de Andrés, Leticia, 2012), buscaron deliberadamente, conexiones entre

las matemáticas, la lingüística y las ciencias de la cognición, acercando, una vez más, la composición al mundo de la computación.

En el caso Xenakis, los principios formales para dar cohesión y unidad a la obra dejan de ser los de la armonía tonal para dar lugar a las distribuciones de probabilidad. Así, parámetros como la altura, la duración y el instante de comienzo de cada sonido son controlados estadísticamente (Miyara, Federico, 2002).

La diferencia entre Babbitt y Xenakis radica en que este último considera esencial el resultado sonoro y no confía ciegamente en sistemas de composición preconcebidos y basados en elegantes cálculos o teorías científicas. Razón por la cual contempla sus estrictos cálculos matemáticos previos a la composición, como hipótesis de trabajo, manipulándolas durante el proceso compositivo. En sus palabras: “No se alcanza una visión universal de las cosas a través de la religión, el sentimiento o la tradición, sino a través de las ciencias naturales. Con ayuda del pensamiento científico. (...). El pensamiento científico me pone un instrumento en la mano con el que podré llevar a cabo mis ideas de origen no-científico. Y estas ideas son el producto de determinadas visiones e intuiciones” (Sánchez de Andrés, Leticia, 2012).

Xenakis, aprovechando su doble condición de músico e ingeniero, aplicó, inicialmente, la teoría de probabilidades a la composición musical; en especial la “Ley de los grandes números” de Bernoulli. Para este compositor las matemáticas son un recurso que permite utilizar leyes universales como elementos que inspiran el proceso de creación musical. De hecho, plantea una especie de mimesis en donde lo matemático actúa como puente entre el universo que se quiere imitar y la obra musical. Es importante notar, que pese a que el compositor recurre a las matemáticas como herramienta de trabajo, es enfático al manifestar que: “La música es lo que debe dominar”. Hecho que se corrobora en el gran impacto emocional ligado a una extrema claridad armónica y estructural que está presente en sus obras (Xenakis, 1922).

Es posible que la obra más conocida de este compositor, sean sus “Metástasis” (1951), una obra escrita para sesenta y un músicos que, según el autor, está basada en el desplazamiento continuo de una línea recta; idea matemática que en la música es representada como un *glisando* continuo, al tiempo que, la contracción y expansión del registro y la densidad a través del movimiento continuo, se calculan utilizando un proceso estocástico (John Maurer, 1999).

Además de las probabilidades, Xenakis, exploró otras teorías matemáticas como herramienta compositiva, tales como la teoría de Juegos, en las obras *Duel* (1959)

y *Strategy* (1962); la lógica simbólica en las obras *Herma* (1964) y *Nomos Alpha* (1966), por ejemplo. En el texto *Formalized Music Thought and Mathematics in Composition* (Xenakis, 1922), el compositor explica la manera como utilizó las matemáticas como herramienta en su proceso compositivo. También utilizó computadoras para generar ideas musicales para su obra ST/4 compuesta en 1962 (Morgan & Sojo, 1994). En el siguiente cuadro pueden apreciarse las teorías matemáticas que este compositor usó como soporte para sus composiciones (Iñigo, Ibaibarriaga, 2004):

Teoría	Obra
Distribución aleatoria de puntos en un plano	Diamorphoses
Ley de Maxwell-Boltzmann	Pithoprakta
Restricciones Mínimas	Achorripsis
Cadenas de Markov	Analógicas
Distribución de Gauss	ST/IO, Atrés
Teoría de juegos	Duelo, Estrategia
Teoría de Grupos	(Nomos Alpha
Teoría de conjuntos y álgebra Booleana	ENA, Eona

TABLA 2: OBRAS DE XENAKIS

Desde línea semejante, dos compositores se apoyaron en la teoría de la relatividad para sustentar sus obras: Dane Rudhyar (1895-1985) y Josep Soler. Rudhyar, utilizó el concepto del tiempo circular, como lo expresa en su artículo “*The relativity of our music conceptions*”. Al respecto este compositor declaraba que: “La Teoría de la relatividad está barriendo el mundo intelectual de hoy día. Durante siglos, nuestros pensamientos y sentimientos han sido moldeados en base a ciertas estructuras rígidas (...) que se nos aparecen como misteriosos y sagrados ídolos.

(...) Sin embargo, en estos axiomas musicales que tiránicamente han gobernado la música europea, no existe lo absoluto ni la certeza, tal y como ocurre en los axiomas de la ciencia física [clásica], que se han desvanecido ante las últimas investigaciones, más profundas y osadas”_(Sánchez de Andrés, Leticia, 2012).

Por otro lado, Soler concluía que: “Toda obra musical es la expresión de una función del tiempo” y “la circularidad del tiempo (...) es una función que la música posee por su misma esencia”. Así, en la música están contenidas las tres dimensiones temporales (presente, pasado y futuro) y, además, la música manifiesta otra de las propiedades a las que las nuevas teorías físicas han otorgado un nuevo lugar en el parámetro temporal: “[La música] está curvada sobre sí misma ya que su esencia es expresarse, repetirse en múltiples e ilimitadas - quizá incontables- repeticiones de su interpretación” (Sánchez de Andrés, Leticia, 2012).

Otra deriva importante de la música del siglo XX, que busca relaciones con las matemáticas, es el uso del azar en la composición musical. Es importante recordar, a la manera de antecedente, que Mozart fue uno de los compositores que trabajó en ese sentido en su obra “Juego de dados musical, para escribir valeses con la ayuda de dos dados sin ser músico ni saber nada de composición” K. 294 de 1777 (de atribución, no obstante, dudosa). El método se basa en dos tablas y un

repertorio de 176 compases cifrados. La tabla 1, permite escribir la primera sección del vals y la tabla 2, la segunda. Las columnas, numeradas en romano, indican el número de orden del compás. Para obtener el primer compás se arrojan dos dados y se suman, obteniéndose un número de fila que intersecada con la columna I da la cifra del compás a seleccionar. Por ejemplo, si la suma dio 8, se debe seleccionar el compás 152 del repertorio. Se procede igual con el segundo compás y así sucesivamente. El método funciona porque los compases correspondientes a una misma columna son variaciones sobre una misma base armónica, y dichas bases constituyen una frase coherente. Esta propuesta constituye un ejemplo en el que se proporciona material que cumple ciertas reglas (las de la armonía y las de la melodía tradicional) pero se las compagina al azar (Miyara, Federico, 2002), (Prieberg & Costa, 1964).

1.		2.															
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
2	96	22	141	41	105	122	11	31	2	70	121	26	9	112	49	109	14
3	32	6	128	63	146	46	134	81	3	117	39	126	56	174	18	116	83
4	69	95	158	13	153	55	110	24	4	66	139	15	132	73	58	145	79
5	40	17	113	85	161	2	159	100	5	90	176	7	34	67	160	52	170
6	148	74	163	45	80	97	36	107	6	25	143	64	125	76	136	1	93
7	104	157	27	167	154	68	118	91	7	138	71	150	29	101	162	23	151
8	152	60	171	53	99	133	21	127	8	16	155	57	175	43	168	89	172
9	119	84	114	50	140	86	169	94	9	120	88	48	166	51	115	72	111
10	98	142	42	156	75	129	62	123	10	65	77	19	82	137	38	149	8
11	3	87	165	61	135	47	147	33	11	102	4	31	164	144	59	173	78
12	54	130	10	103	28	37	106	5	12	35	20	108	92	12	124	44	131

TABLA 3: JUEGO DE DADOS DE MOZART

Volviendo al Siglo XX, uno de los representantes más relevantes en el uso del azar en la música es el compositor norteamericano John Cage, quien: “Renunció al juego de los dados” propuesto por Mozart y se valió de un método que para él, como antiguo estudiante de teología, probablemente resultaba más interesante porque posee una base filosófica. En el antiguo libro de sabiduría china I-Ching se encuentra la teoría de un oráculo que rezaba: mediante el acto de echar seis veces una moneda —podían generar predicciones o consejos acerca del futuro. La utilización de este método de manera innovadora, le permitiría al compositor generar ideas musicales que podría utilizar en sus composiciones (Prieberg& Costa, 1964, p. 145).

En la obra de Cage, se concibe: “Un azar sumamente inestable [que] posee la naturaleza del destino, que tampoco es previsible. En este punto el autor desencadena un destino compositorio en miniatura, deja que se desarrolle y finalmente le hace parar. Él es ahora mucho más que alguien que solamente establece el orden, el límite del cosmos; ya que él crea el azar fatídico: un acto teológico, un acto telúrico, quizá...” (Prieberg& Costa, 1964, p. 147).

MÚSICA Y MÁQUINAS FÍSICAS: AUTÓMATAS COMPOSITORES

Me imagino un autómata que consta de dados de madera giratorios, en cuyas superficies están escritas todas las palabras del idioma en todas las formas en que pueden aparecer. Con ayuda de cuarenta palancas se hace cambiar la posición de los dados entre sí. Si por casualidad quedan grupos de letras, unos junto a otros, de suerte que tengan sentido, entonces son copiados y se conservan como provisión de fragmentos literarios (acerca de la máquina de escribir literaria que Gulliver de Jonathan Swift encontró en 1726) (Prieberg & Costa, 1964).

En un segundo momento de la historia de las máquinas compositoras, los protagonistas, son autómatas. Aparecen entonces los abuelos de los robots: dispositivos mecánicos compuestos de engranajes y de piezas que, en su movimiento, podían imitar el comportamiento de los vivientes. A continuación, se narran algunos antecedentes relacionados con ese período.

Desde tiempos remotos se registran inquietudes de los compositores por utilizar las máquinas como herramientas para la composición musical. Es el caso del *Componium*, ideado por Winkel en 1821. Este invento producía variaciones sobre un tema pre-programado (Jorda, Sergi, 1990).

Sin embargo, es preciso hacer mención de un antecedente más antiguo que narra Prieberg, en su texto “Música y máquinas”:

En su erudito libro titulado *Misurgia Universalis*, que se imprimió en Roma en el año 1660, el jesuita Athanasius Kircher, hombre que había viajado mucho, describe un dispositivo mecánico para componer música, una

máquina musical sencilla y aún poco perfeccionada. Constaba de una caja con una serie de correderas de madera. En estas correderas se habían trazado signos para los diferentes tonos de la escala y para el compás y el ritmo. El manejo de este aparato llamado “*Arca Musa Rithmica*” no requería más que una combinación libre de correderas, y entonces podían leerse tonos, compases y ritmos a cuatro voces. Naturalmente, el número de las combinaciones posibles es inconmensurable. Por ello, Athanasius Kircher, subrayaba el hecho de que si un ángel al principio del mundo hubiera empezado a combinar los números, ahora – es decir, en el año 1660- aún no habría concluido (Priberg& Costa, 1964, p. 133).

En otras ocasiones, por el contrario, los compositores pretendían “ahorrar energía creativa” cediendo el trabajo compositivo a diversos tipos de autómatas, en aquellos casos en que la música no tenía intereses artísticos y estaba destinada al entretenimiento:

El motivo estaba bien justificado: tratábase de ahorrar energía creadora (...). La máquina musical y el “*Toto*” musical con el tiro de los dados nacieron de un mismo espíritu. Detrás de ello se hallaba la reflexión de

si es reprobable el emplear energía de inventiva humana y preciosas fuerzas creadoras para componer y ejecutar música que sólo sirve para la danza y el esparcimiento (...) Los autómatas musicales de los cafés de las grandes ciudades poseían una función distinta a la de los aparatos de nuestros días: estaban destinadas ciertamente a entretener al ciudadano mediante la producción de su música de fondo, pero al mismo tiempo contribuían a salvaguardar la dignidad del artista (Prieberg& Costa, 1964, pp. 138–140).

Al parecer, los grandes compositores estaban muy interesados en “ahorrar” esa energía creadora y dedicarla, exclusivamente, a las obras destinadas a trascender la historia. En este caso, no sólo los autómatas eran empleados, también se diseñaron diversos procedimientos algorítmicos que ponían en los aficionados a la música, la posibilidad de explorar el mundo de la composición, de una manera lúdica y sin pretensiones. En el siguiente texto se encuentran algunos ejemplos de esta práctica:

En el año de 1757 apareció, debido a la pluma de J. P. Kirnberger [,] un [“] Compositor de polonesas y minuets a todo tiempo dispuesto [“]; hay todavía otro manuscrito del compositor en dos fascículos: [“] El nuevo

compositor de minuetos, tríos y polonesas [“]. El cual, por medio de uno o dos dados o incluso tan sólo teniendo los números en mente, indica el modo como cualquier aficionado pueda hacer tantas piezas de música como se le antoje. En aquella época, incluso Johann Kade, músico de la corte en Kassel y autor de ballets, tablas de ballets, anunció que por medio de éstas técnicas: “Aquellos que nada saben de música pueden hacer por si mismos tantos minuetos como quieran” [.] Docenas de parecidos “recetarios” enseñaban el modo asombrosamente sencillo de efectuar de este modo diversas composiciones, entre ellos una tabla que con la ayuda de los dados permite hacer minuetos y tríos, de Maximilian Stadler, amigo íntimo de Mozart y de Haydn, impresa en Viena en el año de 1781: *Le Toton Harmonique*, con marchas de la Chavardièrre; il *Gioco Filarmonico* o Método fácil de componer un sinnúmero de minuetos y tríos incluso sin conocer el contrapunto... para dos violines o flautas y contrabajo, obra de Josef Haydn, editada en Nápoles antes de 1790; una introducción a los valeses, anónima, publicada en la casa de Rellstab y atribuida a Carl Philipp Emanuel Bach. (Priberg& Costa, 1964, p. 140).

En este tipo de dispositivos, aparece un elemento interesante, el uso de procedimientos algorítmicos para la composición. Esta clase de procedimientos ha sido utilizada por un sinnúmero de creadores, con un variopinto conjunto de intenciones que van, desde lo más elemental: poner la composición en manos del aficionado; hasta lo más complejo, en términos de conceptualización filosófica e intención estetizante, como es el caso del uso del azar en compositores como Cage, Crumb o Xenakis.

Respecto al uso de algoritmos en la composición musical, entendidos éstos como un “Conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema (RAE, 2010)”, podría decirse, de manera muy general, que la composición en muchos casos es algorítmica (Miranda & Biles, 2007, p. 24), al menos la que se produce desde la perspectiva de la llamada “práctica común”, entendida como el conjunto de procedimientos compositivos empleados durante el periodo del Clasicismo (siglo XVIII) y practicados aún hoy, en determinados contextos. Por ejemplo, la fuga, como una de las formas más elaboradas de contrapunto; la forma sonata y el desarrollo por fragmentación, pueden entenderse como procedimientos algorítmicos en tanto plantean una serie finita y ordenada de pasos repetibles que podrían ser considerados, desde la perspectiva formal, como un programa. De

hecho, esta naturaleza hace que estos procedimientos sean susceptibles de ser automatizados y, como se verá más adelante, ya lo han sido (hasta cierto punto).

También en el contexto del Siglo XX, surgen diversos métodos de composición cuyo carácter podría considerarse “algorítmico”. Entre ellos, los más notables son el Dodecafonismo y el Serialismo Integral. El primero de ellos, el “Dodecafonismo”, propuesto por Arnold Shômberg alrededor de 1921 (Iñigo, Ibaibarriaga, 2004), emplea una serie de procedimientos para componer a partir de series de doce sonidos y transformaciones algorítmicas de éstos (en forma especular y de manera retrógrada). El compositor desarrolló este sistema con la intención de conseguir un control más consciente sobre los nuevos materiales cromáticos que hasta entonces sólo había utilizado de forma intuitiva en sus primeros intentos por disolver la tonalidad que hoy se conoce como atonalismo libre. La primera obra que utilizó el sistema dodecafónico fue la Suite para piano, Opus 25 (1924).

El segundo método, el llamado Serialismo Integral, cuya práctica se hizo bastante extensiva en el siglo XX, es una forma de componer que propone la construcción y transformación de series que implican todos los parámetros relacionados con la música (los sonidos, el ritmo, las dinámicas, los timbres, etc.). La historia del Serialismo comienza con el francés Olivier Messiaen (nacido en 1908) quién sistematizó sus procedimientos y concepciones en su obra teórica denominada

“Técnica de mi lenguaje musical” (1944) (Iñigo, Ibaibarriaga, 2004). Algunos compositores llevaron hasta el extremo las propuestas del serialismo integral, entre ellos Milton Babbitt (Sánchez de Andrés, Leticia, 2012).

Además de los ejemplos citados pueden mencionarse otros casos en los que la naturaleza del proceso compositivo es matemática: la complejísima Teoría geométrica de la dualidad de los planos proyectivos que maneja Carlton Gamer en obras como Fanovar (variaciones sobre un plano de Fano); la Teoría de conjuntos que Elliot Carter aplicó con éxito a la composición musical; la música espectral, en que se utiliza el espectro acústico que se desarrolla en el tiempo como base para la creación (Sánchez de Andrés, Leticia, 2012).

MÚSICA Y COMPUTADORA: EL COMPOSITOR HECHO DE BITS

Desde los albores de la técnica, el hombre ha soñado los autómatas que lo asisten y le acompañan en la terrible tarea de estar solo. Permítame el lector que extienda la fantasía a la idea de los autómatas artistas. Máquinas creadas para soñar, co-soñar, laborar colaborativamente en la elevación de la metáfora al universo de lo material, en un universo paralelo, virtual. La idea viva del inconsciente colectivo hecha realidad gracias a la técnica. Una mnemotécnica de lo vivido, un entre-cuerpo tecnológico que permita, gracias al conocimiento que hoy podemos transferir a lo computacional, hacer vívido el poema colectivo de un universo creado por las individualidades que se suman y se encarnan en genes, cromosomas, redes neuronales artificiales y vida, vida hecha de bits.

Durante el Siglo XX, la revolución de los dispositivos electrónicos, lo digital y las computadoras, dio lugar a diversos experimentos que buscaban la invención de máquinas capaces de componer. De hecho puede pensarse que: “La idea de organizar composiciones musicales alrededor de un conjunto de procesos sistemáticos, presupone el hecho de que estos procesos puedan automatizarse” (Jorda, Sergi, 1990). Es así como antes de que las computadoras emergieran como protagonistas, en este nuevo escenario, aparecieron distintas máquinas de “cálculo musical” que bien vale la pena mencionar.

Uno de los antecedentes más relevantes en ese proceso fue el “*Electronic Music Synthesizer*”, del laboratorio experimental de la RCA de Princeton, Nueva Jersey, presentado por el presidente de esta compañía en 1955. Al respecto refiere Prieberg:

La capacidad de este “aparato electrónico” de síntesis musical *no* conoce límites; cada proceso acústico puede transformarse electrónicamente, incluso el lenguaje humano [...] La persona que se sienta junto al aparato manipula en un teclado que se parece al de un teletipo. Dos veces dieciocho teclas, de colores, para mejor visualidad: las cuatro del selector de tono, blancas; las tres del selector de octava, rojas; las cuatro del timbre, verdes; las tres para el comienzo, duración y final de sonido, azules, y finalmente las cuatro del regulador de dinámica, amarillas. El que no se necesiten más teclas reside en la disposición de un “código binario” con “árboles” de relevador, que reduce las funciones de grado en grado hasta llegar al canal adecuado. Con las teclas efectúa el compositor agujeros en una cinta de papel de quince pulgadas de anchura, que se desenrolla lentamente. Unos cepillos metálicos rozan los agujeros y cierran contactos; la máquina obedece a esos impulsos imperativos eléctricos. Puede trabajar en un principio con dos voces; sin

embargo, generalmente se accionan dos campanales alternativamente. El resultado llega a través de un amplificador a un séxtuple grabador de disco.

El tono se produce en doce oscilaciones del diapasón. Reproducen frecuencias fijas de la escala cromática desde el segundo fa sostenido hasta el triple fa. El total de tonos debe ampliarse con un selector a través de tres circuitos hasta 8 octavas y consta de 96 tonos, o sea, más que el piano. Con ello, la originaria oscilación sinuosa se transforma en la forma de diente de sierra de tonos concomitantes. Otros tres circuitos determinan la “curva envolvente” de los tonos, o sea, el comienzo, la duración y el final del sonido. Tampoco faltan un generador de ruido y un aditamento de *glissando*. Cuatro circuitos dirigen quince diferentes grados de intensidad del sonido; filtros o cadenas de resonadores electrónicos producen los timbres de los sonidos deseados, cribando determinados grupos de sonidos concomitantes y amplificando otros. Un modulador de baja frecuencia produce vibrato y trémolo hasta siete hertzios. Todos estos dispositivos técnicos se hallan en siete armarios de distribución, que contienen docenas de tubos, centenares de bobinas, transistores, elementos de relevador, resistencias y condensadores. El

“Synthetizer” es, en efecto, una máquina bastante grande y complicada.
(Prieberg & Costa, 1964, pp. 122–124).

Un aspecto digno de consideración respecto a estas máquinas es la manera como fueron recibidas por las comunidades. Para ilustrarlo, se hace uso de un texto de la época, escrito por Alfred Wallestein, director de la *Philharmonie de Los Angeles*, acerca de la máquina construida por la RCA y citado por Prieberg:

El aparato de la RCA, entre otras cosas, contribuirá a una cultura musical universal, porque puede, sin dificultades técnicas, unir estilos exóticos con la tradición occidental. (...) Finalmente como “instrumento clínico” puede servir en musicoterapia para el tratamiento de enfermedades mentales e incluso producir determinados sonidos con vistas a la guerra psicológica. Sin embargo, en la fase actual, el sistema electrónico de la música producida sintéticamente no se encuentra en un punto en el que pueda sustituir a artistas vivientes o a orquestas (Prieberg & Costa, 1964, p. 125).

Al parecer las máquinas que pretendían componer e interpretar música en esta época fueron muchas y su enumeración excede el ámbito de este texto, no obstante, tiene sentido citar un último antecedente:

Un instrumento muy prometedor de esta clase ha sido construido en el año 1956 por dos matemáticos Martin L. Klein y Douglas Bolitho en los Estados Unidos. No se trata de una nueva construcción en principio, sino de una calculadora electrónica, el “Datatrón”, dedicada especialmente a su misión musical. En su “memoria” se hallan grabadas sencillas reglas de composición traducidas a valores numéricos y la máquina las sigue. Compara velozmente una combinación basada en el cálculo con las posibilidades que encierra el “programa”. Si esta “memoria” de tal modo controladora no le permite esta combinación, entonces la excluye automáticamente (...) Cuando la máquina, mediante la comparación logra que una combinación satisfaga a la regla, luego convierte en notas obedientemente el número de esta posibilidad (Priebert & Costa, 1964, p. 129).

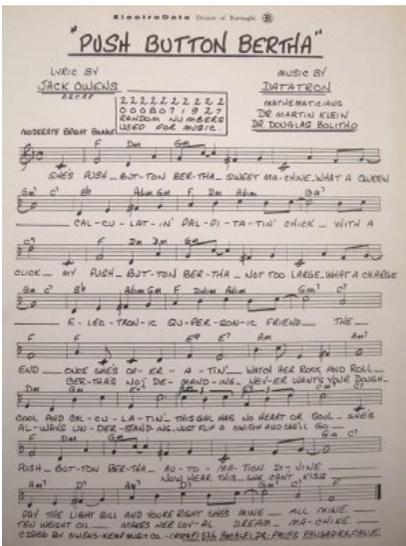


ILUSTRACIÓN 2: PARTITURA DE LA OBRA COMPUESTA CON EL DATRATON FUENTE: <http://datatron.blogspot.com/2009/03/bertha-preserves-datatron.html>

El entusiasmo por este tipo de artilugios fue grande durante los primeros años de la segunda mitad del Siglo XX. El siguiente fragmento da cuenta de la importancia que estos temas tenían:

En el congreso internacional “La mecanización de los procesos de pensamiento”, que se celebró en el mes de diciembre de 1958 en Inglaterra, y al que acudieron especialistas en calculadoras electrónicas y teóricos de la cibernética procedentes de todo el mundo, se habló ya de que habían de construirse máquinas compositoras, o sea, que posean actividad creadora. Más aún: incluso podrían modificar su “estilo”,

adaptándolo a tal o cual pieza de música que se ejecutara delante de ellas, ya que poseen el don de aprender. Prototipos de tales aparatos existen ya actualmente. No hay obstáculo en el camino de su perfeccionamiento. (Priberg & Costa, 1964, p. 128).

Respecto a la composición realizada por computadoras, en la cual un ordenador que hace las veces de “compositor” es programado para tomar las decisiones composicionales, de acuerdo con los criterios de un canon estilístico elegido (Morgan & Sojo, 1994). En 1941, Joseph Schillinger, prediciendo el uso futuro de las computadoras en la composición musical, intentó desarrollar una teoría musical que pudiese ser útil para su uso con cerebros electrónicos (Jorda, Sergi, 1990). Sin embargo, los experimentos iniciales fueron desarrollados en un grupo de investigación de la Universidad de Harvard al principio de la década de los cincuenta bajo la dirección de F. B. Brooks. Este grupo produjo melodías elementales semejantes a himnos (Morgan & Sojo, 1994).

No obstante este primer acercamiento, el episodio más relevante lo constituye la obra “*The Illiac Suite for String Quartet*”, compuesta por Lejaren A. Hiller, Jr., director del laboratorio para música electrónica en Urbana, y el matemático Leonard M. Isaacson, en 1958, con ayuda de la computadora Illiac (Morgan & Sojo, 1994), (Iñigo, Ibaibarriaga, 2004). En esta pieza musical cada uno de los movimientos es

desarrollado por un programa de computador independiente que pretende imitar el estilo de un compositor específico. Este programa está basado en el modelo de generación y prueba que produce notas pseudo-aleatoriamente usando cadenas de Markov y técnicas heurísticas (John Maurer, 1999).

Prieberg, menciona algunos datos interesantes sobre la forma como trabajaron Hiller e Isaacson:

La disposición previó cuatro fases: la acumulación casual de todas las posibilidades; una criba que sólo deja pasar las posibilidades buenas; el almacenamiento de los tonos escogidos; una serie de números como resultado, que puede traducirse fácilmente a notación musical. Este esquema empieza con la utilización del ILIAC para producción de composiciones “estadísticas” conforme a las reglas del cálculo de probabilidades. La criba impidió el paso al tritono y a la séptima; para el primer y último tono de la melodía cualquier otra elección que no fuera el do medio; finalmente todos los intervalos que hubieran extendido la posición de la melodía más allá de una octava. Para cualquier elección equivocada permitíase al aparato una elección sustitutiva. Según esta decisión fundamental se determinaron las demás fases del programa en cuanto a reglas de contrapunto, rítmica, dinámica, técnica de ejecución

(elección entre *legato*, *stacatto*, *pizzicato* y *sul ponticello*) y ciertas formas de cadencia. Eliminábanse automáticamente las series no deseadas de melodía, armonía, duración del tono, contrapunto, que constantemente aparecían en la composición puramente “estadística” (Prieberg & Costa, 1964, pp. 130–131).

Es interesante anotar, que a partir de la historia que cuenta que Mozart componía utilizando dados, que ya ha sido descrita en este texto, en los laboratorios Shell de Holanda, se programó el juego de dados de este compositor. De este trabajo protagonizado por Newman Guttman, colaborador de la sección de desarrollo para la video-técnica y acústica de los *Bell Telephone Laboratories*, surgió la obra “*Computer Piece*”, la cual fue estrenada en New York en 1959 (Prieberg & Costa, 1964, pp. 131–132).

Un rasgo común de todos los procesos que acaban de describirse es el empleo de modelos que simplifican el proceso compositivo de manera notoria produciendo resultados que, en ocasiones, pueden ser decepcionantes. Este hecho contribuyó, probablemente, a la disminución de la motivación que los compositores eruditos tuvieron por este tipo de procesos durante ese momento histórico (John Maurer, 1999), (Morgan & Sojo, 1994).

Como ya se ha ilustrado, por medio de algunos ejemplos, desde la década de 1960, las computadoras han jugado un papel clave en diferentes aspectos de la creación musical, papel que va desde la síntesis de sonidos complejos (Miranda & Biles, 2007, p. 21), hasta la generación automática de material musical (Morgan & Sojo, 1994). Las soluciones aportadas como sistemas de composición musical durante este proceso han sido influenciadas por los distintos paradigmas de representación dentro de los cuales se han desarrollado, influencias que han determinado, en gran medida, sus posibilidades creativas (Iñigo, Ibaibarriaga, 2004). Sin embargo, el interés de los compositores serios por la música generada por computador ha decaído debido, quizás a una decepción por los resultados obtenidos (Morgan & Sojo, 1994), como ya se ha mencionado. Hoy, no obstante, es interesante retomar el tema, visitar los antecedentes y aprovechar los avances de las tecnologías a fin de plantear herramientas flexibles y cercanas a los problemas reales de la composición musical.

Otros nombres que es preciso mencionar antes de dar fin a este apartado son los de Koenig (1970), Moorer (1972), Zaripov, (1969) y Rader (1974), quien utiliza técnicas heurísticas y propone un sistema basado en reglas que describen cómo deben unirse las notas para producir melodías de cierto sentido musical (Gómez-Zamalloa Gil, Miguel, 2010). El aporte de estos autores se discutirá más adelante.

En la década de 1980 se renovó, en parte, el interés por explorar la composición en la que participan las máquinas de cómputo. Los protagonistas de este interés pertenecen más al mundo de las ciencias de la computación que al de la composición musical erudita. Algunos referentes importantes de este momento son los siguientes: Loy y Abbott (1985), destacan las potencialidades de la programación orientada a objetos en el mundo de la composición musical; Roads (1995), hace una compilación de artículos en los cuales diversos compositores que trabajan con computadoras hablan de sus puntos de vista, técnicas y consideraciones estéticas; Pope, hace una revisión de diversos sistemas de composición musical que utilizan orientación a objetos. Desain y Honing (1992), plantean una ruta de análisis que incluye elementos de la psicología y de la inteligencia artificial. En sus trabajos posteriores (2005), estos dos últimos autores, hacen una descripción generalizada de los procesos algorítmicos relacionados con el análisis musical (Wooller et al., 2005).

Si se trata de esbozar una taxonomía de los sistemas de composición algorítmica en la que participan los computadores, es menester citar, una vez más, a Roads quien clasifica los sistemas musicales, por una parte, desde su historia, presentación al usuario, nivel de interactividad y nivel de responsabilidad conferido

al compositor y, por otra, desde dos grandes grupos, los determinísticos y los estocásticos.

Por su parte, Papadopoulos y Wiggins (1999), proponen otra clasificación de este tipo de sistemas. Estos autores advierten la gran dificultad de distinguir las técnicas que se emplean debido a la hibridación que se suele dar entre ellas.

Como ya se ha anotado antes, la composición musical, en casi todos los casos, reviste un carácter algorítmico. Razón por la cual, al referirse a la música que se genera mediante ordenadores, es necesario adoptar otro término que la englobe. El vocablo que más se ha empleado al respecto es el de “música generativa”.

El término “música generativa” ha recibido múltiples significados y su empleo podría crear algunas confusiones. Razón por la cual, se hace necesario aproximar su sentido y delimitar algunos ámbitos típicos de su accionar.

Algunos de los campos que definen la “música generativa” son los siguientes y se basan en una clasificación propuesta en el artículo “*A framework for comparison of process in Algorithmic music systems*”(Wooller et al., 2005).

<p>Lingüística-estructural: Se refiere a música creada utilizando construcciones teóricas y analíticas inspiradas en las gramáticas generativas en el lenguaje y en la música. En ellas el concepto “generativo” está asociado al de “recursión matemática”. En este enfoque son fundamentales los aportes de Chomsky, Lerdahl y Jackendoff.</p>
<p>Interactivo-comportamental: Se refiere a procesos en los que no existen entradas musicales propiamente dichas. Es decir, no existe transformación de una entrada. Es decir, no son generativos.</p>
<p>Creativo-procedimental: Los procesos son aportados y puestos en marcha por el compositor.</p>
<p>Biológico-emergente: La música es no determinística y “no-repetible”, semejante a la que producen los llamados “carillones de viento”. Esta corriente es una deriva del llamado “arte generativo”.</p>

TABLA 4: ENFOQUES DE LA COMPOSICIÓN ALGORÍTMICA

En el campo de la música generativa **lingüística-estructural**, es preciso mencionar el aporte de Lerdahl y Jackendoff, en su texto “*Generative Theory of Tonal music*” (1996), el primero de ellos lingüista, el segundo, compositor. Estos autores examinan las bases psicológicas y las estructuras jerárquicas concebidas y utilizadas en la denominada “práctica común” (la música del período Clásico, S. XVIII) y proponen una formalización de éstas a través del concepto de gramáticas generativas. A pesar de que este texto fue concebido para el análisis y no para la generación de música algorítmica, plantea un importante referente para el propósito de este escrito, sin embargo, como se verá más adelante, el enfoque elegido para el trabajo del cual es objeto este texto varía en tanto utiliza Gramáticas libres de contexto y no gramáticas generativas.

En la obra de estos dos autores que se han venido analizando se emplea el concepto de “transformación”, el cual se refiere a la manera como un conjunto finito de reglas puede crear, potencialmente, por medio de la recursión matemática, una gran cantidad de salidas que comparten la estructura en las que están basadas las reglas. En términos compositivos, podría decirse que se generan estructuras en una metodología de diseño que podría describirse como “*top-down*”.

Durante el desarrollo histórico de la música generada mediante el ordenador se han utilizado gran cantidad de técnicas que incluyen Métodos estadísticos como las Cadenas de Markov (Bell, 2011), Caminatas aleatorias (Klinger&Rudolph, 2007); Redes de Petri (Pope, 1995); Distemas basados en conocimiento (Papadopoulos&Wiggins, 1999), Razonamiento basado en casos (Pereira et al., 1997), Métodos interactivos basados en grafos (McDermott&O’Reilly, 2011); Máquinas de estado finito (McDermott&O’Reilly, 2011); Técnicas de aprendizaje de máquinas como Árboles de decisión (Klinger&Rudolph, 2007) y Redes neuronales artificiales (Papadopoulos&Wiggins, 1999); Sistemas interactivos emergentes, como Autómatas celulares y Fractales (Senaratna, Nuwan I., 2006); Procedimientos de computación evolutiva como los Algoritmos genéticos (Papadopoulos&Wiggins, 1999); Métodos que combinan la Computación evolutiva y las Gramáticas formales; Computación memética (Wells &ElAarag, 2011); además de otros sistemas que

combinan varias técnicas como los Algoritmos genéticos interactivos (Wooller et al., 2005) o la Evolución simbiótica (Otani et al., 2014). En el siguiente apartado se describen, de manera sucinta algunas de estas técnicas. Como ya se ha dicho, se profundizará sólo en las que tienen que ver, de manera directa con el objeto de este trabajo.

Es menester anotar que, más allá de imitar la composición humana, estos métodos son útiles cuando: “La intención primera es la creación de obras originales, de objetos de interés estético. Cuando el proceso rompe aparentemente con la problemática musical pasada y ofrece nuevas formas de producción musical, liberando la creación artística de toda referencia a un universo musical existente, podemos hablar de nueva composición algorítmica, y considerar que con ella nace la auténtica mentalidad informática” (Jorda, Sergi, 1990).

MÉTODOS ESTOCÁSTICOS Y ASIGNACIONES ALEATORIAS BASADAS EN DISTRIBUCIONES PROBABILÍSTICAS

Estos métodos describen los eventos musicales (notas, frases o patrones) que pueden ocurrir, de manera aleatoria, basados en ocurrencias anteriores de éstos (procesos estocásticos) o en diferentes distribuciones de probabilidad.

CADENAS DE MARKOV

Las cadenas de Markov, son procesos estocásticos discretos en los cuales la probabilidad de que ocurra un evento depende exclusivamente del evento anterior. Coloquialmente, puede decirse que los eventos tienen memoria, capaz de recordar el evento inmediatamente anterior. Las cadenas de Markov fueron propuestas por el matemático ruso Andréi Márkov en 1907.

En el contexto de la música, las cadenas markovianas, son posibles de utilizar cuando se considera que la aparición de un evento, que puede ser un sonido (nota musical), figura rítmica, función armónica, acorde u otro, depende, exclusivamente del evento que lo antecede. En la figura siguiente, se ilustra una matriz que representa las probabilidades de que aparezca una nota musical en función de las notas que acaban de presentarse. A continuación de la matriz, se muestra una simple melodía deducida a partir de ésta:

	DO	RE	MI	FA	SOL	LA	SI
DO	0.1	0.5	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0
RE	0.1	0.1	0.5	0.0	0.2	0.1	0.0
MI	0.1	0.1	0.1	0.5	0.1	0.0	0.1
FA	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1
SOL	0.3	0.0	0.0	0.1	0.1	0.5	0.0
LA	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.5
SI	0.4	0.1	0.1	0.1	0.2	0.0	0.1

TABLA 5: EJEMPLO DE CADENA DE MARKOV



ILUSTRACIÓN 3: MELODÍA GENERADA DESDE UNA CADENA DE MARKOV

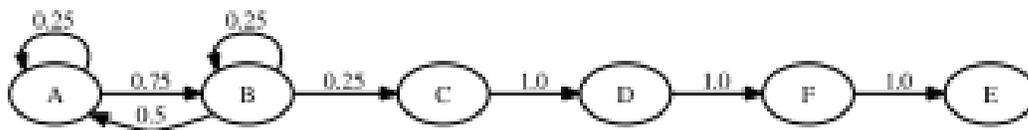
Para calcular esta melodía se partió de un sonido al azar, el Do y se generaron números aleatorios para determinar las probabilidades y decidir, según la matriz estocástica, los sonidos que serían anotados.

Las cadenas de Markov, pueden utilizarse para representar una obra, un segmento o incluso, el estilo de un compositor o una escuela determinada. Bajo esta perspectiva, de corte formalista, surgieron algunos de los primeros programas compositivos capaces de imitar un estilo musical prefijado. Con ligeras variaciones, estos sistemas solían combinar las frecuencias estadísticas de notas e intervalos (cadenas de 0 entropía de orden 1 y 2), con medidas sobre la dispersión, probabilidad de ciertas formas, e intentaban incluir de algún modo datos sobre la estructura general (forma, repeticiones, etc.). En esta misma línea, se han realizado varios experimentos de laboratorio que reunían a diversos compositores, instados a escribir de forma colectiva y por turnos, 1 ó 2 compases en un mismo estilo musical predeterminado, teniendo sólo conocimiento de uno o dos de los compases inmediatamente anteriores, escritos por sus colegas (Jorda, Sergi, 1990).

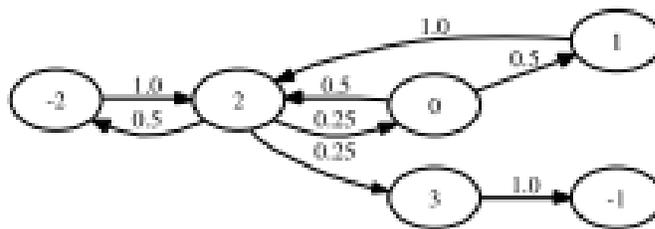
Existen muchas formas de utilizar las cadenas de Markov en la música lo que las hace una herramienta de gran potencial. Por ejemplo, los eventos pueden ser absolutos o relativos (notas musicales o intervalos) (Klinger&Rudolph, 2007); se pueden utilizar cadenas de primer orden (en las que cada evento depende exclusivamente del anterior) y de orden superior (en el segundo orden, por ejemplo, cada evento depende, exclusivamente, de los dos inmediatamente anteriores) (Bell, 2011). El uso de las cadenas de Markov, así como sus posibilidades se presentan

a profundidad, desde una perspectiva musical compositiva en la obra de Xenakis (1922) que ya se ha mencionado en capítulos anteriores de este texto.

En los siguientes diagramas de estado se ilustran una cadena de Markov de notas musicales (absoluta) y otra relativa (o referida a intervalos):



(a) Absolute Markov chain



(b) Relative Markov chain

ILUSTRACIÓN 4: DIAGRAMAS DE ESTADO DE CADENAS DE MARKOV

CAMINATAS ALEATORIAS- RW (RANDOM WALKS)

La caminata aleatoria es un concepto introducido por Karl Pearson en 1905 y se refiere a una formalización matemática de la trayectoria que resulta al realizar sucesivos pasos aleatorios. En su forma más general, los paseos aleatorios son cualquier proceso aleatorio donde la posición de una partícula en cierto instante depende sólo de su posición en algún instante previo y alguna variable aleatoria que determina su subsecuente dirección de avance así como la longitud de su paso.

En música, puede ejemplificarse el uso de las caminatas aleatorias, suponiendo que una nota musical, descrita por el par ordenado (altura, duración rítmica), está determinada por el par ordenado anterior (la nota musical anterior y su duración rítmica) y por un conjunto de variables aleatorias que determinan la dirección a seguir (arriba o abajo) y la longitud del paso, entendida como intervalo musical (Klinger&Rudolph, 2007).

MÁQUINAS DE ESTADO FINITO

Las Máquinas de estado finito, pueden describirse como sistemas con entradas y salidas, en donde las salidas, dependen no sólo de las señales de entradas actuales sino también de las anteriores, en forma tal que el historial de señales de entrada determine, para cada instante, un estado para la máquina.

En música pueden utilizarse para determinar, por ejemplo, melodías en las que se define como entrada un sonido determinado y como salida el sonido siguiente. El historial de sonidos que va conformando la melodía es almacenado e interviene en la configuración de la máquina, en forma tal que, ésta pueda deducir los siguientes sonidos de los que se compondrá la melodía (McDermott&O'Reilly, 2011).

MÉTODOS DE BÚSQUEDA

Si se piensa en el conjunto de todas las melodías posibles, es decir, todas las combinaciones de sonidos posibles desde el punto de vista estadístico, el problema de la generación de ideas musicales puede plantearse como un problema de búsqueda. Las regiones de ese gran espacio, corresponderán a distintos estilos y contextos musicales. Es decir, a melodías que cumplen con algún conjunto de características dadas. Así, por medio de alguna técnica, heurística, por ejemplo,

será posible navegar en ese espacio y encontrar aquellas melodías que satisfagan las condiciones que se desean en un momento determinado.

En este contexto de la composición entendida como un problema de búsqueda, se han empleado principalmente técnicas de aprendizaje de máquinas y de computación evolutiva.

Entre los sistemas expertos o basados en conocimiento que más se han empleado para generar composiciones musicales se pueden mencionar: el Razonamiento basado en casos y en reglas (Papadopoulos&Wiggins, 1999) y los Sistemas basados en *corpus* (Johanson&others, 1997; Klinger&Rudolph, 2007). Para implementarlos se utilizan distintos tipos de técnicas de aprendizaje de máquinas como Redes neuronales artificiales (Hilera, José R., González, Roberto J., &Gutierrez de Mesa, José, n.d.; Johanson&others, 1997; Klinger&Rudolph, 2007; Papadopoulos&Wiggins, 1999) y Árboles de decisión (Klinger&Rudolph, 2007).

Por ejemplo, el método de “Razonamiento por casos”, utiliza árboles de decisión que describen la relación entre eventos musicales (notas, compases, motivos, incisos, frases) y su relación temporal en una obra musical específica. Por medio de estos árboles se pueden deducir melodías musicales. Los árboles se pueden construir manualmente o pueden ser el fruto de un proceso de entrenamiento que

utiliza técnicas de aprendizaje de máquina y un corpus de obras musicales (Pereira et al., 1997).

COMPUTACIÓN EVOLUTIVA

La computación evolutiva es una rama de la inteligencia artificial que se ocupa de la resolución de problemas de optimización combinatoria utilizando un conjunto de técnicas inspiradas en la idea de la evolución biológica. Fue formulada en 1960 por Lawrence J. Fogel, en el contexto de un esfuerzo encaminado a crear inteligencia artificial a partir de máquinas de estado finitas.

Más que una técnica, la computación evolutiva constituye un campo de trabajo que incluye un sinnúmero de éstas. Muchas de las cuales, han sido empleadas en el contexto de la composición musical. Entre las cuales, es pertinente mencionar los Algoritmos genéticos (Bell, 2011; Marques, Oliveira, Vieira, & Rosa, 2000; Papadopoulos & Wiggins, 1999; Ramírez Moreno, Rodrigo Gabino, 2001; Wells & El Aarag, 2011), la Programación genética conducida por gramáticas (Ramírez Moreno, Rodrigo Gabino, 2001), la Evolución gramatical (de la Puente et al., 2002; García Salas, Horacio Alberto, 2012), la Computación memética (Wells & El Aarag, 2011) y la Evolución simbiótica (Otani et al., 2014).

Descrito de una manera simple, un algoritmo evolutivo inicia con la generación de una población (cuyo genotipo está representado en cromosomas que se deben poder mapear, de manera directa con las variables del problema a resolver). En segundo lugar, los individuos de esta población son evaluados, de acuerdo con una función de ajuste, función de aptitud (o *fitness*) que representa las características que deben tener los individuos de la población que resultan aptos para resolver el problema. En un tercer momento, los individuos que pasaron la prueba son sometidos a transformaciones de mutación y cruce para dar lugar a una nueva población que, al igual que la primera, será evaluada y sometida al mismo ciclo de transformación. El algoritmo se ejecuta repetidamente hasta que algún individuo es evaluado, de manera suficientemente satisfactoria, mediante la función de ajuste (Eiben & Smith, 2003).

En general, la computación evolutiva involucra tres aspectos de vital importancia: primero, la elección de un sistema de representación adecuado para el genotipo, aspecto que tiene efectos sobre la delimitación del espacio de búsqueda y que se ve reflejado en la eficiencia del algoritmo; segundo, la formulación de una función de ajuste adecuada y, tercero, la selección de los parámetros de configuración del algoritmo que deben ser elegidos cuidadosamente en función del desempeño del programa.

A modo de ilustración, se describirá la forma como podría representarse el genotipo del individuo en los algoritmos genéticos que pretenden crear melodías musicales. En este contexto, se utiliza una representación en la que cada cromosoma es un fragmento musical o melodía o bien un compás, motivo, inciso o una frase. Este cromosoma, a su vez está dividido en una serie de genes que simbolizan, cada uno, una fracción de tiempo y, en su estructura interna los parámetros que se requieren. Por ejemplo, una nota musical, su articulación, su dinámica, etc. (Khalifa& Al-Mourad, 2006), (Wells & ElAarag, 2011).

De manera un poco simplificada, puede decirse que para representar la duración de las notas, se divide la duración total del fragmento a simbolizar por el cromosoma (compás, motivo, inciso) en segmentos, equivalentes, cada uno, a la mínima duración (en el tiempo) deseada y para la representación de la altura se emplean las letras del cifrado musical. Generalmente, cada gen se codifica en binario, eligiendo para ello un sistema de mapeo adecuado.

Por ejemplo, si el sistema de codificación es el siguiente: 0000: silencio, 0001: do, 0010: re, 0011 mi: 0100: fa, 0101: sol, 0110: la, 0111, si, el cromosoma que se ilustra representaría la melodía de la gráfica que lo acompaña:

0001	0010	0100	0001	0010	0000	0101	0001
------	------	------	------	------	------	------	------

TABLA 6: EJEMPLO DE CROMOSOMA



ILUSTRACIÓN 5: MELODÍA REPRESENTADA POR EL CROMOSOMA

COMPUTACIÓN EVOLUTIVA Y GRAMÁTICAS FORMALES

Durante la época de los años cincuenta se formularon bastantes métodos para generar o para analizar música, todos ellos altamente influenciados por las teorías de Shanon, de corte formalista. En 1968 se publican dos artículos fundamentales "*Pattern in Music*" de Herbert Simon y Richard Summer, de la Carnegie Mellon University, y "*Linguistics and the Computer, Analysis of Tonal Harmony*" de Terry Winograd del MIT). El artículo de Simon y Summer intenta explicar los patrones de la música tonal, en términos de ritmo, melodía, armonía, y forma, como una

extensión del formalismo empleado en los experimentos de procesado de información que se llevaban a cabo en el departamento de psicología de su universidad. Otros trabajos que se enfocan más en el análisis que en la generación de música fueron los de Winograd y John Rothgeb. El primer autor, realiza un estudio, basado en la gramática sistémica de Halliday (1961, 1967, 1973), que genera el análisis armónico de una pieza, con el consiguiente etiquetado de acordes, similar al que se realiza en cualquier curso de armonía, y aunque sencillo, constituye uno de los primeros sistemas de análisis eficaz. El segundo autor, Rothgeb (1968), consiguió demostrar la inconsistencia de la teoría del bajo continuo -que se viene explicando en los conservatorios desde el siglo XVIII-, al tratar de hacerla computacional (Jorda, Sergi, 1990). Los trabajos mencionados se consideran fundacionales en la investigación moderna en inteligencia musical artificial.

En una segunda etapa Chomsky sucede a Shannon al enfocar el problema desde una perspectiva estructuralista. Sin embargo, es menester decir que a principios de siglo, Heinrich Schenker (1868-1935), había establecido ya un sistema transformacional de análisis musical, que guarda sorprendentes paralelismos con el modelo de Chomsky. Schenker utiliza para su análisis, adelantándose a su época, una representación en forma de árbol aunque los diferentes elementos y sus

correspondientes funciones no quedan tan claros como en la teoría de Chomsky. Lamentablemente, Schenker no llegó a especificar las reglas que permitiesen generar "buenas composiciones"; su método era en esencia analítico, no generativo (Jorda, Sergi, 1990).

Durante los setenta, muchos fueron los investigadores que estudiaron las teorías schenkerianas desde una óptica estructuralista moderna e intentaron obtener modelos generativos a partir de éstas. Entre ellos S. Smoliar, que en 1971, implementó en LISP varias de las ideas de Schenker, y consiguió generar polifonía medieval, canto gregoriano y contrapunto "a la Bach", en forma de sonatas; Lidov & Gabura (1973), A. Newell, H. Simon, G. Hiller (1974), E. Narmour (1977), F. Lendah y J. Jackendoff (1977), Baggi (1977), C. Roads (1978), Alphonse (1980) y Ebcioğlu (1980), que produjo también corales a cuatro voces al estilo de J.S. Bach, o el mismo Leonard Bernstein (1977) que trató de demostrar en los últimos años de su vida las supuestas analogías directas, existentes entre las estructuras sintácticas de los lenguajes naturales y la música (Jorda, Sergi, 1990).

Algunas de las técnicas de computación evolutiva que se han empleado ampliamente en el campo de la música generada por computador son las que utilizan algún tipo de gramáticas formales como sistema de representación del conocimiento musical.

Otro aporte notable lo constituye la obra "Bach, Escher y Gödel: un eterno y grácil bucle" (Hofstadter, 1979) en la cual el autor propone, entre muchos otros temas, varios formalismos y reflexiones en tanto a la generación de música utilizando gramáticas, en su caso, gramáticas en forma de redes de transición recursiva.

Después de exponer su teoría, el autor concluye que:

"La forma, en música, es expresiva, expresiva de algunas extrañas regiones subconscientes de nuestras mentes. Los sonidos musicales [...] desencadenan enjambres de emociones en nuestra más profunda interioridad; en este sentido, la significación musical es dependiente de intangibles lazos entre los símbolos y las cosas de este mundo: "cosas" que, en este caso, son secretas estructuras del software de la mente. No, la gran música no surgirá de un formalismo tan sencillo como una gramática RTA. Sí puede surgir pseudo-música, lo mismo que pseudo-cuentos de hadas - y se tratará de una exploración valiosa por parte de quienes la efectúen-, pero los secretos de la significación musical reposan en un sitio muchísimo más profundo que la pura sintaxis. Aquí, debo aclarar una cuestión: en principio, las gramáticas RTA tienen la misma potencialidad que cualquier formalismo de programación, de modo que si la significación es, de alguna manera (yo así lo creo),

capturable, puede ser capturada por una gramática RTA verdaderamente. A pesar de eso, sostengo que, en tal caso, la gramática habrá de definir no solamente estructuras musicales, sino las estructuras íntegras de la mente del espectador. La "gramática" será una gramática total del pensamiento y no, exclusivamente, una gramática de la música" (1979, p. 769).

Una gramática formal es un objeto matemático que permite describir las cadenas de símbolos que pueden generarse, y considerarse válidas, en un lenguaje. La gramática, sirve para generar esas cadenas de símbolos y también para determinar si una determinada cadena puede ser considerada como válida en un lenguaje dado. Aunque la idea de gramática formal fue planteada, inicialmente por Johan Amos Comenius en 1633 (Hofstadter, 1979, p. 767), fue Noam Chomsky quien formuló la amplia teoría sobre gramáticas formales que está disponible en nuestros días y quien, dicho sea de paso, también participó en la elaboración de uno de los primeros programas que generaba música a partir de sus postulados teóricos.

En principio, una gramática formal consta, como mínimo de los siguientes elementos: un conjunto de símbolos no terminales, un conjunto de símbolos terminales, un símbolo de inicio y unas producciones o reglas de producción (cada una de ellas describe como "derivar" un símbolo en otro). El proceso de derivación

consiste en generar una cadena válida con respecto a la gramática. Comienza con el símbolo definido como “inicial” y termina cuando se obtiene una cadena que sólo contiene símbolos terminales.

El ámbito de las gramáticas es amplio y comprende diversos tipos de éstas, entre ellas las Gramáticas libres de contexto, utilizadas en el presente trabajo, en las cuales cada regla de producción es de la forma $v :: w$, en donde, v es un símbolo no terminal y w es una cadena de símbolos terminales y no terminales. Su nombre se deriva del hecho de que cada símbolo no terminal (v) puede ser sustituido por otros no terminales o terminales (w) independiente del contexto en que esto ocurra.

Existen otros tipos de gramáticas que se emplean para generar composiciones musicales, entre las cuales es pertinente mencionar las Gramáticas probabilísticas, en las que cada regla de producción está asociada a un valor de probabilidad; las estocásticas (Papadopoulos&Wiggins, 1999), en las que cada valor de probabilidad es consecuencia de episodios anteriores de derivación de la gramática y las categóricas (Rader, 1974).

Para la composición musical propuesta en este trabajo han sido utilizadas las Gramáticas libres de contexto (Pereira et al., 1997), (de la Puente et al., 2002). En el siguiente ejemplo, se ilustra una simple gramática libre de contexto que se puede emplear para generar melodías musicales:

$$G = (Vt, Vt, Vnt, S, R), \text{ donde:}$$

Vt (Símbolos terminales): Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si, negra, corchea

Vnt (símbolos no terminales): <frase>, <altura>, <nota>, <duración>

S (símbolo inicial): <frase>

R: (reglas de producción)

<frase> ::<nota><frase>;

<nota> ::= <altura><duración>;

<nota>::Do|Re|Mi|Fa|Sol|La|Si;

<duración>:: negra|corchea

La siguiente melodía se generó utilizando esta gramática libre de contexto:



ILUSTRACIÓN 6: MELODÍA GENERADA POR UN A GRAMÁTICA

Para hacer posible el diálogo de las gramáticas formales con la computación evolutiva, existen varias técnicas. Una de ellas, es la denominada “Evolución gramatical”. En este método, el genotipo es una cadena de números que se utilizan para seleccionar las reglas de producción de la gramática en el proceso de derivación. El genotipo se va leyendo, de izquierda a derecha y, por medio de un operador módulo, se van seleccionando las reglas de producción de la gramática y se va ejecutando el proceso de derivación que termina cuando se obtiene una expresión válida derivada de la gramática. En el caso de que el genotipo se termine de leer antes de terminar la operación de derivación, existe un procedimiento de “re-uso” del genotipo, denominado *wrapping* que permite re-leerlo un número máximo de veces hasta terminar la derivación de la gramática. Una fortaleza interesante del método de “Evolución gramatical” es que el genotipo, al estar conformado por números, puede ser sometido a los operadores típicos de la programación genética de una manera simple y directa.

Las gramáticas constituyen una alternativa tentadora a la hora de generar música, sin embargo, es importante tener en cuenta lo que advierte Sergei Jordà al respecto:

“Las gramáticas nacieron unidimensionales a instancias del lenguaje, mientras parece difícil la absoluta simultaneidad de dos sentencias, este paralelismo es el fundamento de cualquier tipo de música. Sin embargo, los modelos musicales

desarrollados hasta ahora no han superado, en el mejor de los casos, las dos dimensiones (tono y tiempo), evitando por consiguiente otros parámetros como la intensidad, y el menos formalizable, del timbre” (1990).

FUNCIÓN DE AJUSTE EN LA COMPUTACIÓN EVOLUTIVA

Como ya se ha dicho, una de las consideraciones fundamentales que debe tenerse en cuenta a la hora de implementar cualquier tipo de algoritmo evolutivo es la definición de una función de ajuste (*fitness*) que permita determinar el grado en que los individuos generados satisfacen el problema que se está resolviendo.

En el caso de la composición musical es posible construir esta función por medio del uso directo de parámetros relacionados con características musicales como la longitud de la frase deseada o la presencia o ausencia de ciertos intervalos; la utilización de metodologías de “estética computacional” o bien, el empleo de un procedimiento interactivo en el cual el usuario asigna puntajes o valores para la función de ajuste.

Aquí es pertinente recordar que la estética computacional es la disciplina que pretende desarrollar métodos computacionales que permitan a las computadoras tomar decisiones estéticas parecidas a las de los humanos (Machado, Romero,

Santos, Cardoso, & Manaris, 2004). Es decir, automatizar la generación de juicios de valor.

Una de las técnicas de estética computacional más extendidas es la utilización de Críticos Artificiales de Arte definidos como “agentes inteligentes” capaces de clasificar/evaluar artefactos (producidos humana o artificialmente) por medio del entrenamiento a través de una base de datos con ejemplos clasificados (aprendizaje supervisado) (Machado et al., 2004; Manaris et al., 2007).

Los críticos artificiales de arte se basan en una arquitectura que incorpora un módulo para extraer características y otro para realizar las evaluaciones. Emplean, para la clasificación, una combinación de características de las piezas (estadísticas globales sobre diversos parámetros musicales, medidas sobre el equilibrio entre cambios estructurales como saltos interválicos y dimensiones fractales de esas otras características) y mediciones basadas en postulados como la Ley de Zipf.

En la Ley de potencias, Según Salingaros y West (Salingaros & West, 1999), los artefactos humanos que pueden causar sensaciones placenteras obedecen a una ley de potencias en donde:

$$px^{mx} = C$$

ECUACIÓN 1: LEY DE POTENCIAS

De allí que la relativa multiplicidad de un elemento está determinada por sus dimensiones, donde (escala) x . C se refiere al tamaño total de la estructura y m es el índice específico de esa estructura. Esta metodología se utiliza, en conjunción con procesos de extracción de características (basadas en la teoría de la información, como la entropía en la distribución de los intervalos musicales).

Cuando se habla de un ranking estadístico en lugar de tamaño, esta ley de potencias se denomina la Ley de Zipf y fue formulada en la década de 1940 por el lingüista George Kingsley Zipf. Allí la distribución de frecuencias de determinado parámetro puede aproximarse como:

$$p_{n \cong 1/n^a}$$

ECUACIÓN 2: LEY DE ZIPF

Aplicada a diversos parámetros musicales, la Ley de Zipf ha sido empleada para la atribución de compositores o estilos y la determinación de qué tan placentera resulta una obra artística (o musical) (Jensen & Haddow, 2011).

MÚSICA ALGORÍTMICA EN AMÉRICA LATINA Y COLOMBIA

El escenario de la música generativa o algorítmica el continente latinoamericano ha sido fecundo. El terreno de la música electroacústica constituyó el espacio en el cual se desarrollaron varios trabajos en ese sentido (Prieberg & Costa, 1964). A continuación se hace una descripción sucinta de los aportes más importantes. Por razones de delimitación, se hace énfasis en las contribuciones más relacionadas con el objeto de estudio del presente trabajo, la música algorítmica, dejando de lado otros desarrollos no relacionados directamente con esta clase de procesos creativos.

En Argentina, el Centro Latinoamericano de Altos Estudios Musicales (CLAEM) del Instituto *Torcuato Di Tella* fue un punto de encuentro sumamente importante entre compositores y estudiantes de Latinoamérica. Allí confluyeron compositores de todo el continente, entre ellos Blas Emilio Atehortúa y Jacqueline Nova, de Colombia. Los becarios que participaban en las actividades del CLAEM recibieron clases y conferencias magistrales no solamente de maestros latinoamericanos, sino además de destacados compositores de Europa y Estados Unidos, incluyendo entre ellos a Luigi Nono, Iannis Xenakis, Bruno Maderna, Aaron Copland, Olivier Messiaen, Vladimir Ussachevsky y Luigi Dallapiccola.

El CLAEM fue sede del laboratorio de música electrónica más importante de la región. El compositor peruano César Bolaños (Lima, 1931; ibíd. 2012), quien viajara a Buenos Aires en 1963 con una beca para estudiar en esa institución, fue a la vez el responsable del laboratorio de música electrónica desde su creación en 1963, actividad que continuó durante varios años.

A partir del trabajo experimental con computadoras que realizara con el matemático Mauricio Milchberg, Bolaños creó en 1970 canción sin palabras o Esepco II para piano (dos ejecutantes) y cinta magnética (Esepco; estructura sonoro-expresiva por computación). Otros compositores relevantes de este momento histórico fueron el Uruguayo Conrado Silva quien compuso en 1964 *Musik für Zehn Kofferradiogeräte* (“Música para diez radios portátiles”) utilizando una computadora para organizar el material compositivo de la pieza; el ingeniero mexicano Raúl Pavón (Ciudad de México, 1930) que escribió uno de los primeros libros en español sobre música electrónica: “La electrónica en la música y en el arte”, publicado en 1981 por el CENIDIM. En él escribió sobre acústica, historia, tecnologías y técnicas de la música electroacústica, así como también sobre los hoy llamados artes de los nuevos medios.

En 1978 José Vicente Asuar diseña y construye en Chile su Computador Musical Digital Analógico Asuar o COMDASUAR, un instrumento basado en el microprocesador INTEL 8080. Este sistema musical híbrido, digital-analógico, podía producir hasta seis voces simultáneamente. El software desarrollado por Asuar para este instrumento ocupaba solo 5 KB y permitía, además de ingresar información musical para luego reproducirla ordenadamente en el tiempo (la función típica de un secuenciador), aplicar procedimientos composicionales sobre el material ingresado; por ejemplo, generación automática de cánones y retrogradaciones, interpolaciones estadísticas, transmutación de alturas y duraciones, etc. Asuar, editó en 1979 un disco LP bajo el título “Así habló el computador”, como muestra de las posibilidades del COMDASUAR (Dal Farra, Ricardo, 2013).

La historia de la música electroacústica en Colombia atraviesa por dos períodos fundamentales: los años formativos y los años de la música generada por microcomputadores. Entre esos dos lapsos de tiempo aparece un vacío de once años debido a un desencanto de los compositores, músicos, instituciones musicales, instituciones gubernamentales y emisoras en torno a la producción y la promoción de la música erudita en el País.

AÑOS FORMATIVOS (1965–1975)

La historia de la música electroacústica en Colombia inicia en 1965 con la obra “Ensayo Electrónico” de Fabio González Zuleta, compositor bogotano nacido en 1920. Esta obra que revela tendencias tradicionalistas está basada en relaciones entre las estructuras armónicas y las frecuencias. El siguiente compositor en interesarse en la música electrónica fue Blas Emilio Atehortúa, considerado el padre de la música erudita en Colombia, cuyas composiciones electrónicas “Syryigma I” (1966) y “Himnos de Amor y Vida” (1967), corresponden a su proceso formativo. Desafortunadamente este compositor no retomó esa línea y se dedicó a otros estilos durante el ejercicio de su carrera creativa.

Otras figuras importantes del período fueron Jacqueline Nova, la compositora más activa en el campo de la música electroacústica durante esos años; Daniel Feberbaum; el escultor Feliza Bursztyn (b. 1933, Bogotá; d. 1983, Paris) quien creara la primera escultora sonora, titulada “Histéricas” y expuesta en una exhibición de arte en Bogotá en 1968.

LOS AÑOS DE LA MÚSICA GENERADA POR MICROCOMPUTADORAS

(1986...)

Después de un período de inactividad en la música electroacústica (1975–1986) aparece una nueva generación de compositores colombianos interesados en el cultivo de este tipo de manifestación. El ensamble denominado “Sol Sonoro”, conformado por García, Luis Boyra y Ricardo Arias; Mauricio Bejarano, Roberto García, Andrés Posada, Juan Reyes, Catalina Peralta, Gustavo Parra, Ricardo Arias y el guitarrista Arturo Parra han sido algunos de los protagonistas de este período.

En el dominio específico de la música algorítmica se desataca el ingeniero, diseñador de software y programador Camilo Rueda, quien fue co-fundador, al lado de Andrés Posada, del primer laboratorio de música electrónica en el país, bautizado con el nombre de Jacqueline Nova y ubicado en la ciudad de Manizales. Rueda, hizo parte del equipo de diseñadores de *Patch Work*, un software para composición algorítmica. Este programa permite conectar funciones escritas en lenguaje LISP y encadenarlas para generar material compositivo. Utiliza análisis espectral y datos recolectados para generar composiciones con armonías tradicionales (Assayag, Rueda, Laurson, Agon, & Delerue, 1999). Durante su carrera, Rueda ha continuado realizando importantes aportes a la composición musical en la que aparecen computadoras, principalmente desde el paradigma de

la programación con restricciones, principalmente *Universal Timed Concurrent Constraint Programming* (Rueda et al., 2001), (Allombert, Assayag, Desainte-Catherine, & Rueda, 2006). Hoy continúa activo, ejerciendo la docencia desde la Universidad Javeriana de Cali y liderando el grupo AVISPA de esa misma entidad.

Otro de los compositores que más ha trabajado en el campo de la música algorítmica es el barranquillero Juan Ignacio Reyes, nacido en 1982 y uno de los pioneros de la generación de compositores de los años ochenta. Estudió Piano en la School of Music en Boston, y se graduó como músico y como matemático en la Universidad de Tampa. Estudió además con Ohn Chowning, Perry Cook y Chris Chafe en el *Stanford University Center for Computer Research in Music and Acoustics (CCRMA)*. Ha compuesto, entre muchas obras, música incidental sobre “Calígula” de Albert Camus (1988); “Música para un espectador inesperado” y un conjunto de variaciones sobre temas folclóricos colombianos. Uno de sus trabajos algorítmicos más interesantes es “Frambuesas”, obra producida utilizando las tecnologías *Common Music* y *Common Lisp Music*. Esta obra emplea muestras sonoras producidas por plantas de frambuesa y que se relacionan con el nivel de “dulzura” de las frutas. Los sonidos son derivados de técnicas de procesamiento digital de señales y modelado físico. Las áreas en las que se ubican sus principales aportes son el modelado físico y espectral, la composición algorítmica y el modelado

de expresión. En 1989 fue co-organizador del Festival Internacional de Música Contemporánea de Bogotá, el cual se lleva a cabo cada dos años. Entre 1993 y 1997 organizó la primera, segunda y tercera serie de conciertos acusmáticos de Bogotá.

En los años noventa emerge una nueva generación de compositores que, además de trabajar en el escenario de la música electroacústica, cultivan otras formas de composición: Alba Fernanda Triana, Alejandro Gómez, Germán Toro, Guillermo Garbó, Mauricio Romero, Ricardo Escallón y Rodolfo Acosta.

Un aspecto distintivo de la música electroacústica de Colombia ha sido el uso de materiales sonoros provenientes de las músicas folclóricas del país, otro aspecto importante ha sido el desarrollo de comunidades y redes de trabajo entre las que se destacan la *Electroacoustic Community of Colombia (ECO)* (Cuellar Camargo, Lucio Edilberto, 2000) y **MagInvent.org**, un esfuerzo en torno a las artes, la ciencia y la tecnología, fundado por Juan Reyes y responsable de la promoción de dinámicas como **Artelab** y **expyeZp**, que apoyan el desarrollo de nuevas músicas y la evolución de las artes electrónicas en el país (Gallardo, José, 2013).

HISTORIA Y CONTEXTO DE LAS ARTES DIGITALES Y DE LAS ARTES POR COMPUTADOR

En el mundo del arte científico, un campo de especial interés para el objeto de este trabajo es el de las llamadas artes digitales, o las formas de arte marcadas por el uso de las computadoras y los procesos de pensamiento estético determinados por el uso de ese tipo de tecnologías. A continuación se señalan algunas definiciones básicas e hitos referidos a este tópico que incluye como principales corrientes el *Computer Art*, *Software art*, *el Net art*, Artivismo, la Realidad virtual, la Inteligencia artificial y la Vida artificial.

ANTECEDENTES

Desde la perspectiva teórica, el arte digital recibe aportes significativos de la teoría cibernética de Wiener (1948), la teoría de la información de Shannon (1948) y los estudios en inteligencia artificial de Turing (1950). Esta forma de arte, que en sus inicios estuvo caracterizada por el uso de sensores digitales, encuentra su carta de nacimiento a mediados de los años cincuenta, época en la que se inicia el trabajo de varios creadores influenciados por la cibernética, entre los cuales se destacan Nicolas Schöffer y Nam June Paik (Alsina, Pau, 2004). Un hito significativo fue el trabajo de Schöffer, junto con el ingeniero J. Bureau y el compositor P. Henry, que en 1954 crearon la "Torre cibernética", una estructura de

50 metros de altura toda recubierta de amplificadores, que de alguna manera, pretendía reaccionar a los estímulos del entorno generando ambientes sonoros para la ocasión (Alsina, Pau, 2004), (Prieberg & Costa, 1964).

COMPUTER ART

Entre los años 1950 y 1970 se empezó a hablar del hecho digital en el arte, es decir, del arte digital como una forma de creación artística peculiar. Pero el verdadero *Computer Art*, involucra no sólo la codificación o las tecnologías del dominio digital sino, la presencia de computadoras. Para Dominic Lopes, autor del texto *A Philosophy of the Computer Art*, esta forma de arte debe cumplir las siguientes condiciones: 1) es arte; 2) está hecho con la computadora o para ser exhibido mediante ésta 3) utiliza un código digital común (Lopes, 2009, p. 20). Al respecto este autor es enfático al señalar que pueden existir muchos tipos de códigos digitales y que las computadoras utilizan un código digital binario por razones prácticas de ingeniería pero podrían utilizar otros tipos de codificación digital, no binaria. Lopes señala como ejemplo los textos escritos en los cuales el alfabeto, fruto de un proceso de discretización de un dominio continuo (los fonemas posibles), podría considerarse como digital, aunque no sea binario. Desafortunadamente, nuestra cultura ha generado la imprecisión de considerar lo

digital y lo binario como equivalentes. Lo digital utiliza un conjunto limitado de dígitos (en una base dada) para codificar algún tipo de información.

La potencia presente en el moderno arte digital, con la presencia de las computadoras, es que el hecho de contar con un código común (el binario) que posibilita la coexistencia e interacción de muchos tipos de información. En síntesis, “El arte digital incluye películas, imágenes, música, historias y otros tipos de arte que se aprovechan de la capacidad de un equipo para manejar un código común, digital” (Lopes, 2009, p. 20).

Cuando se generaron las primeras obras con el ordenador. Hacia el año 1952 Ben Laposky creó “*Oscillons*”; posteriormente, en el 1960 Peter Scheffler también empezó a usar el ordenador para sus creaciones, y también lo hizo John Withney en su película “*Catalog*”, producida entre los años 1961 y 1962. Fue así como inició la era del arte computadorizado (Alsina, Pau, 2004).

Una nueva era en que la imagen no sólo acontecía analizable tomando como base su cualidad estática, en movimiento o transformable, según parámetros electrónicos, sino que a la vez, por el hecho de ser digital (*numérique*, en francés), acontecía calculable y, por lo tanto, incorporaba nuevas propiedades estéticas inéditas (Alsina, Pau, 2004).

SOFTWARE ART

Les "humanistes" et les littéraires découvriront alors toute la part sociale, artistique et passionnelle du métier du programmeur, qui est généralement rabattu sur sa seule composante technique. Si la programmation ne relève pas seulement du rationalisme cartésien, il faudra bien se résigner à porter un nouveau regard sur l'informatique.

Mais cet ouvrage s'adresse également aux informaticiens. A une identité professionnelle de spécialiste des machines et des langages formels on oppose ici le portrait du programmeur en écrivain, en urbaniste des signes, en architecte des équipements collectifs de l'intelligence. Se dessinent alors les contours d'un huitième art, celui de la construction d'artefacts interactifs pour la communication et la pensée". Pierre Lévy

Uno de los pioneros más significativos del arte computadorizado en los Estados Unidos fue Harold Cohen, que desde los años setenta ha procurado ir mejorando su programa "AARON", que representa un esfuerzo continuo de búsqueda orientada a conseguir una máquina inteligente y autónoma capaz de crear arte y conseguir dotar al ordenador de creatividad artística (Alsina, Pau, 2004). A pesar de que esta obra tuvo una génesis dentro del ordenador como sistema experto, el resultado es bien analógico y pensado para circular en los circuitos analógicos del arte contemporáneo.

Hoy esta vertiente generadora del ordenador y del artista como programador que preconizaba el arte computadorizado se acerca mucho a lo que se denomina *Software art*. Este término, relativamente nuevo, se usó por primera vez en el *Festival Transmediale* de Berlín en el 2001, y desde entonces ha disfrutado de una amplia aceptación que ha hecho que se hayan generado

festivales, simposios o libros dedicados exclusivamente a esta temática (Alsina, Pau, 2004).

El *Software art* se basa en la consideración de que el software no es tan sólo un instrumento funcional, sino que también se puede considerar una creación artística en sí misma: el material estético resultante es el código generado y la forma expresiva es la programación de software.

El *Software art* se materializa en dos líneas de trabajo básicas: de una parte, el trabajo con el código, en el cual el código mismo de programación es considerado como objeto artístico, y, por otra parte, el trabajo crítico en torno a la vertiente cultural del software, o sea, la intervención sobre la concepción del software entendido como artefacto cultural, que actúa modificando nuestra manera de vivir y de ver la sociedad, y que a la vez se modifica él mismo en comunicación con nuestro entorno (Alsina, Pau, 2004). Así mismo, existen otras vertientes de trabajo se caracterizan por el énfasis en la interfaz gráfica o en otros aspectos culturales y políticos relacionados con el software.

En muchos de esos casos, el software diseñado, si bien funcional, dado que consigue sus objetivos con eficacia, se aleja de la estricta “funcionalidad” regida por el sentido común o los estándares marcados por la industria con tal de aportar

contenido estético significativo en sí mismo al crear una interesante interfaz gráfica para el trabajo colaborativo (Alsina, Pau, 2004).

Entre las derivas de trabajo que se centran en el aspecto cultural del software, se destaca el aporte del dúo de Jodi, con el eslogan hacker «Amamos tu ordenador» es un OSS que genera un sistema operativo enloquecido, con referencia al control y la carencia de sorpresas dictadas por la percepción social del software como fuente de productividad y, por lo tanto, funcionalidad deseada; la dirección IP de quien visita su obra se denomina como “404” (referencia típica de las páginas inexistentes en Internet) remitiendo al supuesto anonimato de la Red y a la presunta impunidad de quien cotillea ésta. Otra obra de ese tipo de artistas es su versión del juego de ordenador Quake, que aprovecha la posibilidad que de modificar el código que tienen algunos juegos (mood), para generar una versión en que más allá del juego, se pretende generar una experiencia estética y una postura política y cultural acerca del contenido del mismo. Este tipo de obras constituyen una línea de trabajo que se denomina *Videogame art*.

Otro ejemplo de la vertiente cultural del software es el programa “Netomat” (1999) de Maciej Wisniewski, una clase de meta-navegador que pretende subvertir la lógica tradicional de los buscadores de Internet. En este programa el usuario hace preguntas en lenguaje natural y el software responde enviando a la pantalla flujos

de texto, imágenes y audio de la red relacionados con lo indagado. Es decir, construye una clase de *collage*, relacionado con las palabras clave dadas. Netomat rompe la estructura de páginas de la Red de hoy no privilegiando el diseño, sino atomizando el texto, las imágenes y el sonido, y liberándolos de sus lugares Web. De estas reflexiones nació lo que se denominó *Browser art*.

NET ART

Si la participación, la comunicación y la interacción son elementos centrales para el arte del siglo XX, entonces Internet es para el arte un excelente espacio donde se pueden desarrollar sus prácticas. El *Net Art* es una forma de arte pensado específicamente para aprovechar buena parte del potencial que la red de redes confiere en este sentido.

Las primeras experimentaciones artísticas en Internet tienen lugar el 1994 con los proyectos de cine interactivo 3D de David Blair, denominados “Waxweb”, la telerobótica de Ken Goldberg con “Telegarden” y el proyecto “Handshake” del grupo Sero. La artista rusa Olya Lialina ha trabajado también en esta dirección y su obra “*My boyfriend came back from the war*” (1996) construye una narración con todo un interesante juego de marcos, imágenes y texto,

adaptando de manera bien curiosa las teorías sobre montaje cinematográfico del cineasta ruso Sergej Eisenstein.

ARTIVISMO

El Artivismo, término resultante de la contracción de arte y activismo, ha sido una de las actividades más extendidas en el entorno del *Net art*. Se trata de fusionar arte, política y tecnología: un activismo político mediante expresiones artísticas en la Red en torno a temas como la sobreabundancia mediática, la preocupación por la confidencialidad, el poder de las grandes multinacionales, el desarrollo de los nuevos medios, la globalización, etc.

Un ejemplo de este tipo de manifestaciones es la “Toywar”, obra del colectivo Etoy, considerada la performance colectiva más cara de la historia (4,5 billones de dólares en daños), en que la obra resultante es la gráfica de la caída a la bolsa de la compañía Etoys, multinacional que obligó al colectivo de net artistas a dejar su dominio por el hecho de que se asemejaba demasiado al de la gran compañía de juguetes. En este campo también es relevante el aporte de colectivos como *Critical Art Ensemble* y *Yes Men*.

ARTE Y REALIDAD VIRTUAL

La computadora, como motor generador de imágenes sintéticas, muy pronto dio lugar a lo que después se denominó «Realidad virtual» y que hace referencia a la inmersión en mundos tridimensionales generados sintéticamente, desde donde es posible interactuar con los objetos artificiales del entorno. Ivan Sutherland creó, hacia el 1970, el “*Head Mounted Display*”, un aparato en forma de casco con un visor que permitía la inmersión del usuario en entornos tridimensionales. Posteriormente llegaron personajes como Jaron Lanier, quienes popularizaron el término y comercializaron otros aparatos, como por ejemplo el guante (1984) para la interacción en entornos inmersivos virtuales. Estos aparatos buscan la inmersión y, a su vez, conseguir el sentimiento de presencia dentro los entornos tridimensionales, y se enmarcan en una larga historia de simulaciones artificiales de la realidad, que va desde los diaporamas y los adelantados cines 3D hasta el actual CAVE y los sistemas de realidad aumentada.

ARTE E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El arte no se deduce en efecto de las meras estructuras, aunque sin ellas no podría existir, ya que toda creación consiste básicamente en generar formas de entre el caos (Jorda, Sergi, 1990).

La idea de la inteligencia artificial no es nueva, ha sido un sueño que ha acompañado al hombre desde tiempos inmemoriales. “Desde Pascal y Leibniz, los hombres vienen imaginando la posibilidad de máquinas que realicen tareas intelectuales. Durante el siglo diecinueve, Boole y De Morgan idearon "leyes del pensamiento" - el cálculo proposicional, sustancialmente- que significaron el primer paso hacia el software de Inteligencia artificial; Charles Babbage, por su parte, inventó la primera "máquina de calcular", convirtiéndose así en el precursor del hardware de las computadoras, y por consiguiente de la inteligencia artificial” (Hofstadter, 1979, p. 709).

Posteriormente, pensadores como Descartes, Leibniz, Boole, Frege, Russell, Turing y Wittgenstein contribuyeron decisivamente al desarrollo de este campo. Vale la pena destacar, entre otros, a Alan Turing, con su test (y su idea de que el pensamiento puede ser replicado por la vía del cálculo, o “al menos” simulado), Norbert Wiener, con su teoría de la cibernética (teoría del control y la comunicación entre sistemas animales y sistemas tecnológicos), y Claude Shannon (con la teoría

matemática de la comunicación) son los personajes más destacados que contribuyeron a instaurar la inteligencia artificial como disciplina.

Es así como en el mundo del arte aparecen aplicaciones de inteligencia artificial como la pieza de David Rokeby denominada "n-cha(n) t" (2001). Esta obra, tal y como dice su autor, «nace del deseo de sentir hablar una comunidad de ordenadores». En su propuesta, Rokeby crea una comunidad en que agentes inteligentes están enlazados a una red donde se intercomunican y, por medio de esto, sincronizan sus "estados mentales" internos. Si se les deja comunicar entre ellos al final consensuan algunas frases que son repetidas al unísono como si se tratara de una oración. En "n-cha(n)t" hay dos niveles de interactividad: la primera, entre los miembros de la comunidad artificial de sistemas y la otra, entre los individuos de esta comunidad y los visitantes de la instalación.

Finalmente, es necesario decir que en todas las formas de arte que involucran la inteligencia artificial es importante tener en cuenta la sabia apreciación de Hofstadter manifiesta en las dos citas que siguen:

1. "Debiéramos comenzar a separar la "mente" del programa de la de su programador. Al ser humano le corresponde el mérito de haber inventado el programa, pero no por haber tenido en su propia cabeza las ideas

producidas por el programa. Entonces, podemos decir que el ser humano es el "metautor" - el autor del autor del resultado- y que el programa es (lisa y llanamente) el autor" (Hofstadter, 1979, p. 715).

2. "En la mayoría de las ocasiones, la fuerza conductora que hay detrás de ese tipo de piezas es un intelecto humano, y la función de la computadora reside en su utilización, con mayor o menor ingenuidad, como herramienta que concrete una idea creada por un ser humano. El programa que cumple este propósito no tiene nada con lo cual podamos identificarnos. Es una simple y mono-funcional pieza de hardware [o software], carente de flexibilidad, de perspectiva acerca de lo que está haciendo, y de sentido de sí misma. No obstante, si la gente desarrolla programas que tengan esos atributos, y de ellos comienzan a surgir piezas de música, una tras otra, habrá llegado el momento indicado para repartir nuestra admiración: parte para el programador, por crear un programa tan pasmoso, y parte para el programa mismo por su sentido musical. Se me ocurre que esto tendrá lugar únicamente cuando la estructura interna de un programa de esta clase se base en algo similar a los símbolos de nuestro cerebro y a sus patrones de desencadenamiento, los cuales son responsables de la compleja noción

de significación. El hecho de tener este género de estructura interna dotaría al programa de propiedades que nos permitirían identificarnos cómodamente con él, en alguna medida. Entretanto, no nos sentiremos cómodos diciendo "esta pieza fue compuesta por una computadora" (Hofstadter, 1979, p. 719).

ARTE Y VIDA ARTIFICIAL

Tal y como dice Christopher G. Langton, la vida artificial es: «El estudio de los sistemas de creación humana que exhiben conductas características de los sistemas vivientes naturales». En esta línea de creación aparecen nuevos artistas-ingenieros capaces de generar un escenario, un entorno, un programa y unas reglas de transformación que hacen posible la creación de contextos abiertos que pueden evolucionar a partir de una estructura base y de las entradas posteriores de los usuarios: los desarrollos en inteligencia artificial aplicados a la simulación de la vida entran en escena. En este tipo de gestos creativos se ve trastocada la misma definición de arte, entendido ahora como un proceso más que como un objeto artístico, y donde predomina la investigación en torno a la comunicación entre obra y su interactor (antes espectador).

Ejemplo de esta deriva artística lo constituyen “*Technosphere*” (1995), un proyecto de Jane Prophet y Gordon Selley donde se construye un mundo en 3D; “*Interactive Plant Growing*” (1992-1994) de Christa Sommerer y Laurent Mignonneau. En esta obra, sus autores usan principios que provienen de la biología para crear obras de arte interactivas.

En el campo específico de la música es menester considerar las aplicaciones de los autómatas celulares, consideradas como sistemas de vida artificial. En especial, el denominado “Juego de la vida”, un autómata celular, diseñado en 1970 por el matemático británico John Horton cuyo aspecto más interesantes es el que corresponde, desde todas las perspectivas, a una máquina de Turing, es decir, una máquina capaz de computar todo lo que es computable algorítmicamente. En teoría, las aplicaciones del “Juego de la vida”, a la música, son ilimitadas, puesto que casi cualquier parámetro musical puede ser mapeado hacia este tipo de estructuras. No obstante, entre las aplicaciones que han sido desarrolladas para el juego de Horton, se encuentran, principalmente las de composición algorítmica y síntesis sonora.

PERSPECTIVA DE ESTE TRABAJO RESPECTO A SU ESTADO DEL ARTE

En el estado del arte de este trabajo se observan varias corrientes que incluyen la interacción interdisciplinar de las matemáticas, la ciencia, la tecnología y el arte (la música). Todas han sido exploradas desde hace más de cincuenta años y, lejos de constituir una novedad, se han consolidado como formas legítimas del hacer artístico que ofrecen una amplia posibilidad de creación y de reflexión estética.

En estas formas de arte se han superado ya los entusiasmos iniciales por la tecnología y los debates entre tecno-fobias y tecno-filias y ha aparecido un rico abanico de posibilidades reflexivas que plantea interesantes utopías sobre aspectos que hoy constituyen temas de capital importancia en tanto tocan con el sentido y la posibilidad de continuidad de nuestra especie sobre la tierra y con nuestras posiciones con respecto a la vida, la creación y el conocimiento.

La sociedad contemporánea ha sido atravesada por complicados manejos de poder dentro de los cuales las tecnologías se convierten en instrumentos de alienación y dominación, hecho que se hace cada vez más obvio, en especial en los países sobre los cuales se ejerce la hegemonía. En este contexto urge el debate sobre las implicaciones culturales y políticas de la tecnología, debate en el cual la voz de los artistas cobra cada vez un papel más relevante. Podría decirse, incluso que el artista

adquiere, cada vez más, compromisos éticos que lo obligan a participar, de manera activa, en estas confrontaciones. Si no son los artistas ¿quién se atreverá a cuestionar el papel de sacralización que ha sido otorgado a las tecnologías y a destronarlas como instrumento de poder para convertirlas en recursos a favor de la continuidad y el bienestar de la especie y del planeta?

Si bien las confrontaciones en torno a la tecnología han arrojado importantes conclusiones en el contexto internacional, en nuestro medio local aún se padece de muchos males ocasionados por debates no saldados en ese sentido. La tecnología aún conserva, para nuestros conciudadanos, un estatus de fetiche, un nivel de protagonismo sospechoso y peligroso y, lo que es más preocupante aún, una ignorancia tecnológica que nos convierte en espectadores pasivos de sus desarrollos y en usuarios que difícilmente pueden trascender el estatus de simples operadores.

En el contexto del sistema educativo latinoamericano, la situación ni siquiera genera debates. La formación profesionalizante se ha instrumentalizado hasta alcanzar niveles de pavorosa sumisión. La formación por competencias (que no es mala ni buena en esencia) en el citado sistema ha adoptado un tinte instruccional y unas limitaciones asociadas a las precarias necesidades del desarrollo (asociadas a competencias operativas concebidas para ser ejercidas por gente pobre formada en

instituciones técnicas y tecnológicas de bajo costo) planteadas desde la miseria conceptual y la mezquindad que originan las malas intenciones de quienes detentan el poder.

Nuestro sistema de investigación también se ha enfermado de gravedad al entregarse a los intereses de los países sometedores y ponerse al servicio del terrible ángel de la innovación y del conocimiento útil para generar desarrollo (a duras penas económico) y sacar al país de la pobreza (la material, pero no la del espíritu).

En síntesis, en este continente latinoamericano, la tecnología se ha convertido en un instrumento para ampliar las brechas y alejar el conocimiento y las relaciones entre las personas. Urge que los artistas planteemos reflexiones sobre este tema. Que se generen transformaciones importantes en la forma en que está siendo pensada la región en términos de desarrollo integral, sostenibilidad, identidad y dignidad. En este contexto el arte que adopta aspectos de la tecnología más fetichizada y tildada de sofisticada como la inteligencia artificial, se podría convertir en un importante instrumento de concientización, reflexión y transformación social.

Y qué mejor escenario para librar esa contienda que el de las relaciones entre el arte y las matemáticas. Quizás el tipo de saber que más ha sido instrumentalizado

en este medio, una disciplina concebida para abrazar el universo desde la poesía de las tautologías universales que en el mundo local a duras penas se utiliza como instrumento para operar la tecnología (jamás para entenderla porque eso sería subversivo) y para contar los exiguos pesos que nos concede nuestro sistema por un trabajo en el cual a pesar de que se ostenten títulos de nivel doctoral, no deja de ser el de obreros a los que los poderosos países señalan el “botón que debe apretarse”.

Desde la mirada del arte digital, el software arte y la inteligencia artificial se pueden interrogar aspectos fundamentales de la vida contemporánea local (y universal) como el lugar que la tecnología ocupa en nuestras vidas, el lugar que nuestra cultura y nuestra identidad ocupan en la construcción del mundo y la responsabilidad, en términos de ética planetaria, con la vida y con la dignidad.

De nuevo desde el análisis del campo de la música, puede afirmarse que en Colombia se han realizado aportes importantes al desarrollo de la música electroacústica, sin embargo, desde el rastreo realizado, puede concluirse, también, que aún hay terrenos por conquistar en la búsqueda de hacer confluir las artes científicas, el tecno-arte, el arte digital, el software arte y la composición musical en gestos artísticos sólidamente sustentados y comprometidos con las reflexiones sobre las implicaciones de las tecnologías en el desarrollo y la continuidad de

nuestras identidades y nuestra cultura y nuestro papel como colombianos respecto al entorno global y a la ética planetaria.

En el ámbito de la industria del software, nuestro país padece de las patologías del subdesarrollo, sólo hacemos software para solucionar los problemas prácticos de las sociedades (paradójicamente los más precarios de la subsistencia) y para mejorar los “procesos de las empresas”, asunto que desde la óptica del espíritu, carece de interés y trascendencia. Es así como los ingenieros se forman para aportar a un contexto instrumentalista de la tecnología y a una mirada empobrecedora donde desarrollar software se convierte en un ejercicio estéril en cuanto a la creatividad, aunque rentable y políticamente útil como instrumento de sometimiento y subdesarrollo.

En este contexto, plantear derivas del desarrollo de software en el que los ingenieros devienen “imaginadores”, es decir “profesionales de la imaginación” (apropiando la bella metáfora de Disney) se convierte en un ejercicio micro-político necesario para confrontar las mezquindades y la mediocridad y para ayudar a pensar en un país en el que pueda subvertirse la cotidianidad para crear nuevas realidades. Así, el Software-arte pone en entredicho conceptos sospechosos, anodinos, mediocres y sub-desarrollistas como el de la utilidad, las oportunidades de negocio, los emprendimientos, la formación por competencias, la negativa por inventar “lo ya

inventado” y la “gestión de la calidad”. Y nos permite ejercer una ingeniería del sueño, la imaginación, la realización y la búsqueda de la verdad. Aunque sea un debate superado, es importante poblar al contexto local del desarrollo de software de un “virus informático conceptual” que ponga a hablar a los ingenieros de belleza, de irrealidad, de matemáticas, de arte y de vida.

Un trabajo como el que propongo plantea, no obstante, dos peligros latentes, el primero, respecto a la posible ingenuidad de la propuesta misma y el segundo, relacionado con la dificultad de plantear reflexiones activas sobre la tecnología desde un lugar geográfico y político que, en este momento histórico, tiene asignado un papel pasivo y oprimido respecto al asunto del desarrollo científico y tecnológico.

En el tecno-arte se han hecho cantidad de propuestas ingenuas. Seducir al espectador con los aparentes milagros de la tecnología es fácil y poco costoso en el sentido financiero, técnico y conceptual. Generar una puesta en escena que utilice unos cuantos sensores y produzca una experiencia aparentemente “inmersiva”, contemporánea y seductora, resulta sospechosamente fácil. Lo difícil, pero necesario, sería trascender el aspecto tecnológico y plantarse las verdaderas posibilidades estéticas y artísticas que posibilita la tecnología.

Hacer tecno-arte, desde nuestra realidad y pecar por la ingenuidad de la propuesta resulta, además, doblemente fácil dado que, si bien en el mundo se plantean grandes propuestas artísticas en este tipo de arte, nuestros circuitos de difusión aún se dejan timar por la evanescente tentación de unos cuantos bombillos conectados a unos pocos sensores... ¿Cómo plantear arte científico desde un contexto desde el cual no puede verse lo que se hace en el mundo (sólo a distancia) y desde donde resulta difícil hacerse ver, sin caer en las trampas de la ingenuidad?

Como se ha anotado acá. Cualquier propuesta como la que plantea este trabajo resulta, por un lado necesaria, en el contexto del poder que la voz de estas formas de arte adquieren en el tenor de las reflexiones y debates en los que los artistas estamos obligados a librar en nuestro contexto; y por otro lado, terriblemente peligrosa, a la luz de los riesgos de caer en las redes de la ingenuidad. Sin embargo, y como consecuencia de ese potencial y de ese peligro, hacer arte científico, en nuestro contexto resulta fascinante y obligatorio.

En un plano más específico, la propuesta que encierra este trabajo de maestría tiene que ver con el lugar de lo humano en los contextos tecnológicos, el sentido de las miradas humanistas en el mundo de la post-humanidad. El hecho de que se plantee una propuesta compositiva que utiliza la inteligencia artificial y que ésta involucre la interpretación en la guitarra clásica, supone ya una postura definida y

contundente respecto a ese asunto. El trabajo apuesta por que se asuman (no es posible hoy otra cosa) las tecnologías, porque nos dejemos hibridar y extender en nuestra humanidad, pero también porque preservemos, a pesar (y a costa) de todo, esta humanidad. Retomo, entonces, la pregunta formulada al inicio del texto: ¿Será posible concebir un individuo ciborizado, un habitante de la post-humanidad que elija, a pesar de su hibridación tecnológica, sentirse profundamente humano y comprometido con su identidad y su contexto y que lo exprese, combinando en una lógica creativa, su *homo numericus* y su necesidad de hacerse simple al interpretar un instrumento de madera y baja tecnología (*low tech*) como la guitarra?

Mi respuesta a ese interrogante constituye el matiz creativo y hermenéutico en cual quiero situar mi aporte al estado del arte a través de una creación que hibrida el arte tecnológico, el *software art*, la composición y la interpretación musical.

Como se ha visto en el estado del arte de este trabajo, los paradigmas desde los cuales puede abordarse la composición algorítmica son variados, y aún en nuestros días, continúan en permanente expansión. Si se trata de imitar la música ya existente, es posible que los experimentos más significativos como los de Cope (Cope, 2004) en los cuales el autor logra crear síntesis computacionales de diversos estilos musicales y producir con ellos diversas obras, arrojen luz suficiente sobre las posibilidades y limitaciones de este tipo de ejercicios. Es posible, incluso, que

respecto a la sintaxis musical, el test de Turing ya haya sido aprobado con creces (No se trata de saber si las máquinas pueden crear música, sino de saber si pueden hacerse pasar, eventualmente, por un creador). Pero si nos referimos a los potenciales de los diversos paradigmas matemáticos y computacionales para hacer música nueva, desatada de los problemas tradicionales de la disciplina y portadora de altos valores de estetización, aún hay mucho por hacer y cada paradigma, más allá de eficiencia, podría convertirse en una meta-herramienta de creación, un vehículo portador de la subjetividad del artista y un proveedor de factores estetizantes. En síntesis cada paradigma puede llegar a tener un sabor y una sonoridad propia adecuada a las necesidades sonoras y estetizantes del compositor.

En la literatura aparecen múltiples virtudes y desventajas desde cada paradigma, casi todas desde la perspectiva de la música que imita las creaciones humanas. En mi trabajo creativo he decidido hacer a un lado ese tipo de consideraciones y abordar el proceso desde un paradigma que por su alto contenido estetizante fuera propicio para las reflexiones que he querido emprender. En otras palabras, mi decisión a favor de la computación evolutiva fue una decisión creativa, al margen de las tradiciones compositivas y las consideraciones ingenieriles.

REFLEXIONES CRÍTICAS SOBRE LA MÚSICA HECHA CON MÁQUINAS DE CÓMPUTO

“Sí, la Música precede tanto al sentido como a las lenguas, pero los algoritmos múltiples que ella utiliza anticipan también sobre todo las matemáticas, cuyo número de ramas y la potencia forman mi lengua; Musa de las ciencias, lengua privada ciertamente de sentido discursivo, como la Música, pero también universal como ella, para corresponder con la más exacta armonía y la más exaltante belleza, a los hombres y al mundo. Las matemáticas explican porque su generadora, la Música, las expresa. Nada de ciencia sin música previa” (Michel Serres, 2011, p. 14).

Este capítulo, incluye cuatro breves ensayos acerca del sentido que puede otorgarse a la música compuesta por máquinas de cómputo. Desde la perspectiva de lo posible, las respuestas están dadas: las máquinas de cómputo pueden hacer música, más o menos elaborada, dependiendo de su nivel de desarrollo... ¿Igual a la de los hombres desde el punto de vista de su estructura formal?; la respuesta empieza a ser un poco más ambigua. Sin embargo, cuando se plantean otros interrogantes de un mayor calibre ontológico y teleológico, las respuestas no son simples.

En los textos que se incluyen a continuación, se plantean diversas aproximaciones en torno a la pregunta orientadora: ¿Qué lecturas estéticas y filosóficas pueden desarrollarse a partir de la música compuesta con la intervención de máquinas de cómputo?

EL ÁMBITO SÍGNICO DE LA COMPOSICIÓN MUSICAL ELABORADA POR MÁQUINAS

Para acometer el análisis que se pretende respecto a lo sígnico de la música generada por computadora es necesario dirimir, aunque sea en una instancia elemental, dos aspectos, el primero referido a la naturaleza de lo musical como sistema sígnico. Una vez dirimido ese primer tópico, es necesario discutir, aunque sea de paso, si esas características sobreviven cuando quien produce el discurso musical es una máquina de cómputo.

Resulta obvio, y quizás axiomático, que muchos de los procesos relacionados con la composición musical pueden ser vistos desde el ámbito de lo sígnico. De hecho, la naturaleza de lo musical comporta varias de las características asociadas al lenguaje humano: un canal, una difusión, transmisión y recepción direccional, una extinción rápida, una especialización, una arbitrariedad, un carácter discreto, un desplazamiento, una secuencialidad, una creatividad, una tradición, una dualidad y una disimulación.

No sucede lo mismo cuando se continúa la enumeración de esas características desde el ámbito de los sistemas semióticos. Para el caso de la música, deja de ser fácil cuando se pasa a otras características más complejas y quizás especializadas del lenguaje verbal como la semánticidad, la argumentabilidad, la reflexividad, la

traducción e interpretación, y la capacidad de aprendizaje, características que no se pueden imputar a la música sin usar complejos, y no siempre muy creíbles, argumentos.

En el caso de las características de intercambiabilidad y retroalimentación completa, la música deja de comportarse como un sistema semiótico, al menos en el sentido tradicional. En otras palabras, los espectadores no pueden responder al discurso musical en términos musicales. Esta situación genera ya una primera distinción. Obviamente, existe algún tipo de comunicación pero no se trata de la misma a la que se refiere el lenguaje verbal.

En síntesis, es posible considerar la música desde lo semiótico, al menos en principio y con ciertas reservas ¿Lo será también la música generada por las computadoras? En el ámbito de lo sintáctico, desde una tradición de música generada por computadora que ya casi cumple sesenta años de historia, la respuesta positiva salta a la vista; no siendo así cuando se considera el universo de lo semántico y menos aún de lo pragmático. Si bien el campo de lo semántico musical es abierto y funciona de manera diferente al lenguaje verbal: el sentido y quizás el significado de la música generada por computadora no es el mismo de la que producen los humanos. Sucede igual cuando se lleva a la palestra el espectro de lo pragmático: la música generada por las máquinas no conserva,

necesariamente, los usos sociales de la que hacen los humanos. En rigor, ni siquiera puede ser considerada como un acto comunicativo entre humanos.

Aventurando una conclusión parcial, es posible que la música generada por computador, no pueda ser vista como un sistema semiótico con todos sus atributos. Sin embargo, es posible que los atributos que le son propios puedan ser entendidos como una premisa suficiente para hacerle a la música generada por las computadoras algún tipo de análisis desde lo sígnico.

Si tomamos en cuenta uno de los principios de la semiología del arte, planteada por la Escuela de Praga, para la cual:

(...) El significante y el significado se encuentran en un estado de equilibrio inestable, porque su relación interna, en el signo, se desplaza continuamente, adaptándose a las exigencias de la situación concreta. El significante y el significado se deslizan sobre la "pantalla de la realidad" y, en este proceso, cada uno "desborda" los parámetros que le tiene asignados su pareja en el sistema de la lengua: el significante busca desempeñar otras funciones referenciales de las que tiene asignadas (y así aumenta su esfera de homonimia, significando más cosas distintas), y el significado busca expresarse también por otros medios diferentes a

su signo correspondiente (y así aumenta su esfera de sinonimia, haciéndose sinónimo con más signos distintos). Estirados entre el sistema y la referencia, entre el uso literal y figurado, y entre la homonimia y la sinonimia, el significante y el significado, acoplados en el signo, operan entre dos campos y fuerzas asimétricos (Jandova, Jarmila & Volek, Emil, 2000).

Sería interesante preguntarse si ese desplazamiento de la realidad que permite extender las funciones ordinarias del significado y el significante en un contexto expandido de sinonimias y homonimias, podría ser emulado a través de un programa de computador que se comportara como un compositor. Obviamente, no se pretende que la máquina tenga una intención estética pero si se indaga por la capacidad de ésta para “jugar” con esa ventana de realidad que permite estirar el sistema de referencia y abrir la puerta a un nuevo universo sígnico.

Es sabido que la obra de arte no se comporta como “una cosa” en sí misma. Más bien corresponde a un campo de funciones que permite extender lo que es propio de la *techné* a un universo referencial diferente el cual posibilita al espectador conectarse con los mundos de la subjetividad o quizás de la verdad, o más bien, de las verdades que subyacen a cada mundo creado por el artista y el colectivo que conforma su público.

El compositor crea y re-crea realidades. Realidades sígnicas, mediadas por el juego compositivo. Es sabido que: "La realidad con la cual tiene que ver el enunciado verbal... no es ni psicológica ni ontológica, sino que podría designarse como conjunto de valores"(Jandova, Jarmila & Volek, Emil, 2000). Cabría preguntarse si: ¿Operará de la misma manera la realidad que tiene que ver con el discurso sonoro?; ¿será extensible esa consideración al universo de las composiciones creadas por la máquina?

Para aventurar una hipótesis respecto a estas preguntas que, habría de admitirse, suenan atrevidas, es necesario acercarse un poco más a ese universo cognitivo que gobierna los procesos de creación musical.

Es sabido que el aspecto sintáctico de la composición musical puede y ha sido emulado desde la inteligencia artificial. De hecho, las máquinas llevan poco más de medio siglo componiendo música, es decir, "organizando sonidos", como bien lo diría Cage. También puede afirmarse, sin mucho riesgo que esos sonidos organizados maquinalmente pueden ser considerados desde su naturaleza semiológica, al menos en la parte que tiene que ver con su significante. Lo que se indaga aquí es la posibilidad de que la máquina pueda crear significado. Expandir esa retícula de realidad que hace posible el juego de la creación de sentido presente en la creación estética.

Para un lector de tendencias marcadamente antropo-centristas lo que se aventura en este escrito, podría sonar atrevido, además de inocente. Sin embargo, al recurrir una vez más a las herramientas del análisis semiótico y considerar que la construcción de sentido radica no sólo en el compositor, sino, además en el colectivo que disfruta la obra, esas afirmaciones permiten que se abra una ventana de lo posible que permita considerarlas. Entendiendo que quien recibe la obra está encargado de aportar significado.

En ese orden de ideas, puede afirmarse, de la mano de Mukarovsky, que: "El artefacto físico (la obra-cosa) es sólo el significante; el significado del mismo se configura en la conciencia colectiva" (...) significado de una obra como: "Lo que tienen en común los estados de conciencia subjetivos. . . en los miembros de la colectividad" (Jandova, Jarmila & Volek, Emil, 2000). De esa manera, la obra, ese conjunto de sonidos organizados, puede considerarse como "sólo significante" y, de la mano de la conciencia colectiva encarnar sentido como experiencia estética.

Pese a todo lo dicho y a que la composición musical ha sido entendida como una actividad exclusiva del ser humano, desde tiempos antiguos, se ha planteado el sueño de que las máquinas puedan crear música, sueño que se ha ido concretando en los últimos años dando lugar a un variopinto conjunto de exploraciones e incluso a movimientos estéticos de vanguardia como la denominada "música evolutiva".

Esos acercamientos a la creación musical han sido variados y la literatura especializada da cuenta de un naciente pero profuso campo de estudio. Sin embargo, en la mayoría de las ocasiones se privilegian, de manera exclusiva, aspectos sintácticos y quedan por abordar otros, entre ellos, ese que hace referencia a la composición, desde la perspectiva de los significados que puede asumir la obra.

Quedan abiertas todas las preguntas y la respuesta parcial tiene que ver con la posibilidad del público de asignar esa semánticidad y esa pragmaticidad propias de lo semiótico. Al fin de cuentas, la obra de arte se construye entre el creador y el público.

LAS MÁQUINAS COMPOSITORAS COMO UNA ESTRATEGIA PARA SUBVERTIR LA HEGEMONÍA DEL AUTOR

En la época en que los computadores y la inteligencia artificial tenían aún un desarrollo incipiente los compositores se interesaron por la relación entre la composición musical y la inteligencia artificial. No obstante, dado el poco desarrollo de la tecnología en ese momento, los creadores perdieron el interés por explorar ese territorio. Hoy se hace posible revisitarlo, desde la perspectiva compositiva e interrogarlo, ahora que la tecnología tiene un mayor desarrollo, desde las preocupaciones contemporáneas del arte. En concreto, aquellas que tienen que ver con los procesos de comunicabilidad y participación.

El delegar el proceso creativo y dotar al público de los mecanismos para explorar su mundo sonoro interior y hacerse partícipe de éste por medio de un dispositivo que intermedia entre sus ideas y los conocimientos y técnicas necesarias para la creación musical, es decir, que permite utilizar ese conocimiento sin necesidad de adquirirlo (de cierta manera), hace viable subvertir las relaciones de poder que se han dan dado entre el compositor y su público y revisar, desde una perspectiva teórica, el rol creativo. Nace entonces la posibilidad de reflexión que pone en tela

de juicio la condición de esencia y existencia de la idea de “autor” en la obra de arte y de sus relaciones con el público.

Cuando los miembros de la Escuela de Frankfurt proclamaban la cultura como: “La otra cara del trabajo mecanizado”, el nivel de racionalidad técnica no era de las mismas proporciones del trabajo que aquí se propone. Sin embargo, ellos advierten con elocuencia sobre el esquematismo, en el que se asocia toda la obra al esquema y la atrofia de la actividad del espectador, como dos graves situaciones que se derivan de ese proceso de racionalización de la cultura. Situaciones que generarían una banalización de la vida cotidiana y una positivización del arte que terminaría sumiéndonos en un profundo pesimismo cultural.

En principio, todo lo que se ha dicho, que podría sonar aterrador, supone degradar, en su esencia, un conocimiento considerado “sagrado” y “sublime”, instrumentalizarlo, des-individualizarlo, positivizarlo y proletarizarlo... Sin embargo, todo esto, podría ser parte del costo de oportunidad del proceso. Es decir, aquello a lo que se debe renunciar para obtener nuevos beneficios. Es un costo alto pero que, pese a serlo, podría contener bondades interesantes y potenciales que permitirían la reflexión política y social, desde el seno mismo del proceso creativo: la condición de esencia y existencia del autor.

Para Marcuse, los ámbitos carentes de alma, “desanimados”, no pertenecen a la cultura. Al igual que otros bienes de la esfera de la civilización, quedan librados abiertamente a las leyes de los valores económicos. Sólo la belleza “animada” y su goce “animado” es admitida en la cultura (Marcuse, Herbert, 1967). Habría que preguntarse, de un lado, si vale la pena asumir el costo de oportunidad que además de positivizar el trabajo creativo, proletariza el “sagrado” oficio del compositor y lo convierte en un instrumento de “mecanización” de la cultura. Y, de otro lado, si esa “posibilidad” que se tiene de cuestionar la relación compositor-público, desde el seno mismo de su esencia, podría convertirse en ese eje de sobre-determinación de la técnica, que permitiera considerar como “arte” la música compuesta por una máquina.

Es allí donde radica en poder del público en esta nueva forma de co-autoría. Ésta se convierte en el ente capaz de dotar de “sentido” la propuesta musical que ha sido automatizada. De convertirla en un elemento portador de valor, de sobre-determinarla... En pocas palabras, de hacer nacer un nuevo tipo de experiencia estética.

LAS MÁQUINAS COMPOSITORAS COMO SOPORTE HIPOMNÉTICO DE LO CREATIVO

Resulta obvio, que el hecho de delegar el proceso creativo en una máquina, conlleva una gramaticalización del conocimiento de la composición, en la medida que discretiza ese conocimiento e interrumpe su continuidad esencial. Una hipomnesis, dado que produce una renuncia y pérdida de conocimiento; un proceso de exteriorización y un proceso de des-individuación. En principio, todo eso, que puede sonar aterrador, constituye parte del costo de oportunidad del proceso y, pese a ser alto, podría contener bondades interesantes y potenciales que permiten la reflexión desde sus implicaciones bio-psico-sociales y en especial desde la perspectiva del poder asociado al rol creativo y de lo que puede pasar si se subvierte el orden establecido respecto a ese poder.

Como todos los procesos asociados a la inteligencia artificial, la automatización de la composición musical constituye un proceso de exteriorización de la memoria y del conocimiento. Un acto mediante el cual se cede parte de ese conocimiento y se permite su objetivación y su materialización en un soporte que genera, para el creador, una pérdida de memoria y de *know-how* y un proceso de obsolescencia de lo humano y de ese *savoir-vivre* asociado al comportamiento de la especie. Se configura así un proceso hipomnético y anamnésico, en el que el ser humano exterioriza parte de su memoria y su conocimiento. Un proceso que, si bien podría

ser fecundo, desde cierto punto de vista, acarrearía, indudablemente, un alto costo de oportunidad.

Una vez se logra interrumpir la continuidad de lo creativo y se hace tangible la magia del proceso creador por medio de un soporte tecnológico, como el de una técnica de inteligencia artificial, tiene lugar un proceso de gramaticalización, entendida ésta como un proceso en el cual: “Las corrientes y continuidades configurando existencias son *discretizadas*” (Stiegler, Bernard, 2007). Esa discretización de lo creativo exige renunciar a ello para poderlo aprehender y objetivar en un soporte que permita su transmisión y sus nuevas formas de manipulación.

Para hacer posible que el compositor- creador de software traduzca su conocimiento de la composición musical a un soporte que permita su automatización por medio de la inteligencia artificial, se debe permitir su gramaticalización: su discretización y la interrupción de ese flujo que le es propio...

La renuncia a la continuidad de ese conocimiento es imprescindible para permitir su objetivación. Con la continuidad, el conocimiento pierde parte de su esencia pero gana potencial en su capacidad de exteriorización. El compositor puede poner su conocimiento fuera de sí y convertirlo en una herramienta reutilizable.

Al llevarlo a los soportes de la inteligencia artificial, el conocimiento de la composición se hace delegable, posible de ser entregado y de ser utilizado. Sale de la mente del compositor para convertirse, por medio de una tecnología de la memoria, en un objeto exteriorizado y desprovisto de su individualidad. Un creador que renuncia a su yo, inmolándolo, por medio de la gramaticalización, para poderlo entregar para que otros lo utilicen. Así, al objetivar su conocimiento, el compositor-creador de software, renuncia a su poder y entrega, a modo de coste de oportunidad, además del conocimiento perdido en el proceso, el carácter individual de ese conocimiento. Renuncia a su rúbrica en un acto, sin precedentes, de generosidad.

El conocimiento se hace cuerpo. Se hace materia. Se objetiva y se encarna, por medio de un proceso transductivo, en un soporte tecnológico que permite su circulación. En un parto doloroso se discretiza. Pierde parte de su ser, se des-individualiza y, como si todo esto fuera poco, se convierte en un objeto susceptible de circulación en el contexto del capitalismo cultural. Se convierte en mercancía.

Como en todo proceso de tecnificación de la memoria, el ejercicio de automatizar la composición trae consigo exteriorización y pérdida de conocimiento. Ya se ha explorado un poco lo que eso significa en términos de “costo de oportunidad”. No

obstante, cabe preguntarse si en este proceso se da, además de lo ya expuesto, algún tipo de sobre-determinación de la técnica (Soler, 1953).

Resulta paradójico admitirlo pero la exteriorización, la discretización y la pérdida de conocimiento y de individualidad, asociadas al proceso en referencia, plantean una sub-determinación de la técnica, en la cual ésta pierde parte de sí para potenciar nuevas posibilidades. Como si fuera un globo heliostático, se deshace de algún tipo de lastre para poder volar y ascender hasta otro tipo de realidades. Se sub-determina para aspirar a sobre-determinarse en un nuevo sentido. Renuncia, por ejemplo, a su continuidad anterior, para configurarse como una suerte de “entre-cuerpo” entre el público-creador (dotado artificialmente de la facultad de crear) y la obra nacida de este ejercicio.

Sería necesario determinar la manera y el grado en que se produce esa “sobre” y esta “sub-determinación” para preguntarse acerca de la composición automatizada en términos de su condición como arte. Parafraseando a Félix Duque es pertinente recordar que el arte no es una cosa, sino una función de sobre-determinación de la técnica (la cual no es tampoco, ni mucho menos, una cosa). Queda abierta la pregunta sobre la naturaleza y eficiencia de esta “sobre-determinación” de la técnica en la composición hecha por computadoras para hacer arte. Desde luego, esa no es la única condición de esencia de una obra de arte. Se deben cumplir otras. Entre

ellas, la legitimación de la obra por parte del grupo, en términos de cultura, entendida ésta como mnemo-técnica y su ingreso a lo que Danto denominaba el mundo del arte.

Al gramaticalizar el conocimiento de la composición y objetivarlo como un dispositivo de software que lo exterioriza, lo des-individua y permite su reutilización como herramienta, este conocimiento adquiere una nueva forma de relacionarse con los vivientes. La dinámica jerárquica entre el compositor y el público se rompe y da a luz una nueva forma de relación que posibilita, seguramente, nuevas opciones de legitimación para la obra creada.

La posibilidad de entregar el conocimiento de la composición para que otros lo utilicen, hasta cierto punto, haciéndose co-creadores, por medio de la inteligencia artificial, pese a la pérdida que conlleva en sus procesos de hipomnesis, anamnesis, gramaticalización, exteriorización y des-individuación, resulta fascinante, en la medida en que genera nuevas dinámicas de sobre y sub determinación de la técnica y nuevas dinámicas de relación entre el creador –o el público dotado con ciertas facultades creativas-, el público y la obra. No obstante y no sin el ánimo de dejar abierto un espacio para nuevas discusiones, es necesario preguntarse sobre las implicaciones políticas, estéticas e ideológicas de esta posibilidad.

Además de la gramaticalización del conocimiento, en este espacio de la música creada desde la inteligencia artificial sucede una gramaticalización del afecto que, como lo señala Stiegler deviene en consecuencias en todos los órdenes de la sociedad: “(...) *as cognitive capitalism, which is also cultural capitalism, which I have analyse else where as a hyperindustrial cognitive capitalism, where new forms of transductive relations between processes of psychic, social, technical and scientific individuation are seen to appear*” (Stiegler, Bernard, 2006). En este contexto aparece, además la situación denominada “proletarización del conocimiento” la pérdida del conocimiento que genera situaciones que propician el paso de las sociedades disciplinadas a las sociedades de control.

SOBRE EL SOFTWARE VISTO COMO ARTE

“Está, por una parte, la Matemática auténtica, la de los verdaderos matemáticos, y por otra, la que llamaré, a falta de mejor palabra, Matemática “trivial”. Cabe dar argumentos que justifiquen la Matemática trivial... pero no cabe tal defensa para la verdadera Matemática, la cual, de requerir justificación, ha de ser justificada como arte” Beltran Russell.

No es la música la que forma parte de las matemáticas, sino que, por el contrario, las ciencias forman parte de la música, pues se basan en las proporciones y la resonancia del cuerpo sonoro engendra todas las proporciones” J. F. Rameau.

“La música no es un saber sino un pozo de donde salen todas las invenciones posibles como la filosofía”(Michel Serres, 2011, p. 19).

En las siguientes líneas se hace una exploración que pretende interrogar el proyecto de software artístico desde la óptica del Instinto del arte, a partir de las herramientas conceptuales de Dennis Dutton (Dutton & Paz, 2010).

El proyecto de software en cuestión constituye un artefacto que genera melodías musicales pero que, más allá de eso está concebido como un objeto artístico en el sentido de su capacidad de autodefinir su ser y su sentido. Un software que se plantea, no como una herramienta para asistir procesos, sino como un objeto propiciador de experiencias estéticas, una suerte de escultura inmaterial y cinética que ocupa un lugar en el espacio del concepto y produce, a modo de movimiento, un devenir creador de melodías musicales.

PARÁFRASIS Y PRELUDIO

Durante años una de mis pasiones ha sido construir generalizaciones que me permitan habitar el mundo de una manera lúdica y creativa. De hecho, convertir el mundo en un juego y en un objeto de placer ha sido para mí la principal de esas pasiones. Quizás ese es el origen de un hábito que he ido adquiriendo y que consiste en navegar el universo de las matemáticas, la música, las artes y la ingeniería como si de un solo océano se tratara. De esta manera, me he apasionado a los conocimientos que proceden de esas áreas y he llegado a una feliz, oportuna y buscada “confusión” en la que los vectores de esas disciplinas me llevan hacia el propio juego del disfrute intelectual.

Desde los tiempos del arcano la música y las matemáticas han sido parte de una misma búsqueda. Más que un modelo filosófico, la doctrina de los pitagóricos ha sido para mí ese astrolabio que permite la navegación por un universo fascinante en el cual la búsqueda suprema no es la verdad, ni la perfección, ni mucho menos aún la belleza... más bien, el objeto de la búsqueda, es la búsqueda misma.

Me he declarado como un caminante de los espacios de conocimiento que los habita y los transita inspirado en el simple placer de “recorrer”. De hecho, no existe deleite más inmenso que el convertir la vida en un caleidoscopio que se muestra de todas las maneras posibles, sin la atadura de la búsqueda de la verdad, o la espiritualidad,

o la belleza, o la “utilidad”: formas que se defienden a sí mismas. Expresión de la expresión. Recorrido que se pliega, como una cinta de *Moebius*, para hacer confluir el infinito con el universo de lo cotidiano. Una caminata sin principio ni fin, en los confines de los sonidos, los números, el orden y el caos.

Para recorrer ese mundo, además de un astrolabio, se requiere una nave. Una nave capaz de navegar con o sin rumbo, con o sin intención... Una nave que permita virar una y otra vez para enfrentar un recorrido que no tiene principio ni objetivo. Un recorrido cuya ontología y cuya teleología constituyen un ser único, multiforme, auto-referido y recurrente (en el sentido de la recursión matemática). La nave que he elegido para surcar esos rumbos tiene dos velas: la música y el software y posee un timón: las matemáticas.

Para el lector desprevenido es fácil pensar que la música puede corresponder al universo de las artes. Muchas músicas han sido maltratadas al extremo de comprometer su dignidad para habitar el templo de las musas (museo), sin embargo, en esa parte del ser que es inalienable e inmaculada y corresponde a la más íntima esencia, cualquier música conserva esa conexión con aquello que le hace artística, el sonido primigenio, foco primario de todo lo creado. Su ciudadanía en el mundo de las artes no corre peligro. Volveré sobre ese punto más adelante. Lo que se hace más difícil, incluso para un lector menos desprevenido es considerar

el software como un habitante de ese “templo de las musas”. Es posible que incluso la idea cause algo de confusión e incluso “horror”.

Así como existe la música que no pretende ser arte, existe el software que tampoco pretende serlo. En este caso el porcentaje es alto. Casi todo el software se ha contaminado, casi desde el advenimiento de la profesión de los programadores, en un objeto servil, condenado a ser considerado como una herramienta y a resolver problemas “útiles”. Un esclavo del sentido práctico que podría llegar a asesinar todos los humanismos y a poner en entredicho la continuidad del proyecto hominizador de nuestra especie.

No es ese software considerado como herramienta el objeto de estas líneas. Ese es asunto de ingenieros aburridos que pretenden usar, como paliativo a sus frustraciones, conceptos aberrantes como la rentabilidad, la innovación y el desarrollo. La vela que he escogido para mi barco, es el software inútil, que porta una subjetividad, que se auto-define ontológica y teleológicamente: el software construido con intención artística. Liberar al software del yugo de la utilidad lo puede convertir en un maravilloso vehículo de placer, expresión individual, comunicación y experiencia estética. Sería necesario, para lograrlo, dotarlo de unos atributos y de un discurso y presentarlo así, desnudo de todo atavío contaminante, al mundo del arte.

En el propósito de liberar al software de sus funciones “mundanas” y aventurar la construcción de un discurso que permita presentarlo en el seno de la institucionalidad artística, he decidido valerme de un artificio: el software al que me referiré toma prestadas características de un objeto cuya ciudadanía en el mundo del arte está garantizada: la música. Se trata de un software que produce melodías musicales. Su objeto (la melodía) es, a su vez, es un objeto cuya ontología y teleología se autodefinen y que, desde su más esencial naturaleza está eximido del mundo de lo “útil”, lo práctico y lo rentable.

Además de referirme al software orientado a producir melodías, voy a apropiarme de dos consideraciones adicionales, en primer lugar, el carácter matemático del desarrollo de software y en segundo lugar, el carácter mimético de un software que, para lograr su cometido, se vale de gramáticas formales. Ambas consideraciones me permiten ubicar el software al que quiero referirme en terrenos próximos al de las artes.

Todo software es matemática. Su carácter es indudablemente algorítmico y el origen de sus devenires se asienta en la lógica formal. Todo software es un artificio indudablemente, matemático. Quien escribe código en un lenguaje de programación suele olvidar el carácter matemático de su oficio que, más allá de jugar con guarismos, está relacionado con edificar construcciones formales a partir de la conjunción de términos, axiomas y teoremas de acuerdo con un conjunto de reglas.

Además de este hecho, el software contiene otra virtud: su inutilidad intrínseca. El código del software, en principio, a menos que se procrastine su ser, no sirve, para nada, al igual que las matemáticas.

Las matemáticas constituyen una vasta tautología. Todo lo que afirman se puede demostrar y, en el contexto de la auto-referencia, constituye una verdad de a puño. Sin embargo, esa gran tautología no tiene, como la física, el propósito de explicar el universo, su fin es, al mismo tiempo más austero y más sublime. La más grande de las tautologías sólo se explica a sí misma. Quizás en ello radica uno de sus más milagrosas y, al mismo tiempo, utópicas características (utópicas en el sentido del teorema de Gödel según el cual un sistema formal no puede demostrarse, exclusivamente en términos de sí mismo).

Quizás en el párrafo anterior pudo haberse sustituido la palabra “matemática” por “música” y el sentido habría aproximado la explicación dos hermosos misterios. La música y la matemática son la misma cosa. Aunque el compositor y el intérprete lo desconozcan, su discurso se compone de términos, axiomas y teoremas, es una vasta tautología y, lo mejor de todo, tiene una utilidad auto-referida. La música, en principio, tampoco sirve para nada. He ahí uno de los mayores potenciales de este habitante del reino de las musas, madre de todas ellas e hija de cada una, de manera simultánea.

Si se suma todo ese potencial de “inutilidad” presente en la matemática y en la música al carácter algorítmico del software, se tiene una materia prima prodigiosa para constituir objetos artísticos: el software cuyo objeto de trabajo es la música. Quizás esta es una de las fórmulas que podrían abrir al software nuevas ventanas hacia el universo del arte.

Además de lo ya expresado, el software del que aquí se habla emplea gramáticas para describir el estilo musical que orienta sus creaciones. Las gramáticas, entendidas como un objeto matemático, son conjuntos de símbolos (terminales y no terminales) y reglas de producción. Pueden ser generadoras de expresiones válidas para muchos tipos de lenguaje. Constituyen, como otros objetos matemáticos, entidades de carácter tautológico y son expresión sintética de un conocimiento que se ha discretizado y gramaticalizado, es decir, transformado y llevado a un nivel de abstracción en el cual se ha producido una pérdida de esencia y complejidad pero también una ganancia en potencial creativo.

EL SOFTWARE GENERADOR DE MELODÍAS COMO OBJETO DE ARTE EN EL MUNDO DEL INSTINTO DEL ARTE DE DUTTON

Podría asumirse, de la mano de los científicos de la evolución, que el arte constituye un instinto innato a la condición humana. Somos artistas y, desde cualquier proceso histórico, podríamos concebir obras que, como lo prescribe Dennis Dutton en su texto “El Instinto del arte”, posean las capacidades de generar placer directo; requerir habilidad y virtuosismo; estar caracterizadas por un estilo; materializar una novedad y una creatividad; ser objeto de discurso crítico; poseer capacidades para representar algo; generar un foco especial que comparte con otros objetos de su dominio; ser expresión de individualidad; producir una especie de “saturación emocional”; desafiar el intelecto; anclarse en una tradición y en una institucionalidad específica y prodigar una experiencia imaginativa.

Según Dutton, los objetos que poseen esas características en una medida importante, pueden ser considerados, “hasta cierto punto” como ciudadanos del mundo del arte. ¿Será posible otorgarle al “software que hace melodías musicales” esa ciudadanía? Intentaré abordar cada una de las características que acabo de mencionar para aventurar una respuesta a ese interrogante.

¿PUEDE EL SOFTWARE QUE GENERA MELODÍAS MUSICALES CAUSAR PLACER DIRECTO?

Conceptuar sobre el placer es difícil pero no lo es consensuar con quienes lo han sentido. Quien ha sido presa del placer saben lo que éste es. Un software que va construyendo melodías y las va entregando para que sean escuchadas podrá causar placer a través de las melodías, pero este placer sería musical y no producido directamente por el software. ¿Será posible pensar que el mecanismo de programación que produce las melodías, basado, dicho sea de paso, en un proceso de inteligencia artificial, puede producir placer en sí mismo? De ser así, se trataría del placer que producen los engranajes de una máquina cuando está funcionando, el placer de la armonía que exhiben los artilugios que funcionan. Indudablemente, ese placer es posible. Lo sentimos al ver funcionar un corazón o al notar cómo se entrelazan las preposiciones para producir una demostración matemática.

¿REQUIERE O EXHIBE EL SOFTWARE QUE HACE MELODÍAS ALGÚN TIPO DE HABILIDAD Y VIRTUOSISMO?

Para responderlo sería necesario asumir la abstracción matemática como una habilidad. Una expresión de un acumulado de pequeñas acciones que ejecutadas en el momento, orden e intensidad precisas, producen un resultado grandioso. Evidentemente, construir el software requirió habilidad y virtuosismo de ese tipo. Sin embargo, cuando el software funciona, exhibe la habilidad y el virtuosismo de su

autor más no la suya propia. Carácter que podría compararse, por ejemplo con el de una escultura cinética. Indudablemente, la respuesta para este segundo interrogante, también puede aprobarse.

DA MUESTRA DE ALGÚN “ESTILO” EL SOFTWARE GENERADOR DE MELODÍAS

Al utilizar conocimiento musical gramaticalizado y discretizado, la respuesta a esta pregunta también resulta fácil. El software puede ser vehículo de un estilo musical específico, sin embargo, si la pregunta se refiere al “estilo” en términos del software, sería necesario acercarlo a un estilo existente y considerar el software como una expresión de, por ejemplo “arte evolutivo”, un organismo capaz de evolucionar y redefinirse de acuerdo con una lógica establecida por su autor. Esto es posible y puede ser considerado como un criterio de diseño para el software en referencia.

¿PUEDE SER OBJETO DE NOVEDAD Y CREATIVIDAD EL SOFTWARE GENERADOR DE MELODÍAS?

El software se expresa como una novedad en tanto su formato. Su carácter es material e inmaterial; de alguna manera toma un concepto artístico y lo expresa mediante un lenguaje; su naturaleza también es la de un objeto inmaterial (o conceptual) cuyo devenir tiene un carácter performático. La creatividad en él se expresa por la conjunción de formatos y disciplinas y se materializa, a través de las

gramáticas, en una máquina creadora y descriptora de estilos musicales y de música escrita en esos estilos. Así, su creatividad se expresa en que es una máquina para producir creatividad (al menos en un sentido relativo) o, en el peor de los casos, como diría Turing, capaz de “simular” la creatividad.

¿PUEDE SOPORTAR UN DISCURSO DE CRÍTICA ARTÍSTICA EL OBJETO EN REFERENCIA?

La crítica artística está fundada en las teorías sobre el arte. Sería necesario adecuar esas teorías a un objeto aparentemente distinto y construir un discurso adecuado. Sin embargo, encuentro absolutamente plausible la escritura de una crítica para un objeto de software que se define a sí mismo como concepto, como objeto y como devenir. Hacer crítica sobre él implicaría, en primera instancia, compararlo con otros objetos del arte contemporáneo y mirarlo como una suerte de escultura inmaterial en permanente movimiento.

¿POSEE CAPACIDADES DE REPRESENTACIÓN EL SOFTWARE GENERADOR DE MELODÍAS?

Al principio de este escrito se hace referencia al conocimiento gramaticalizado que utiliza el software como fuente de las melodías que genera. Esa gramaticalización del conocimiento, con todo y la pérdida que conlleva, constituye una abstracción de un compositor creado por el compositor-desarrollador. Un “individuo” que posee un

estilo y quizás una “intención”. De esta manera, se produce una mimesis del creador, una suerte de artilugio que simula ser el creador y lo imita. De alguna manera constituye una creación del creador o, dicho desde una perspectiva un poco más Foucaultiana, una representación de la representación.

¿POSEE EL SOFTWARE CREADOR DE CREACIONES UN HALO ESPECIAL QUE LO VINCULA CON EL CONTEXTO DEL ARTE?

Un software que se ha concebido desde el desafío a lo que se considera útil para la ingeniería y de la mano de una concepción inminentemente estética podría exhibirse en una galería como una suerte de escultura inmaterial en permanente movimiento. Un objeto intocable, una expresión codificada de un concepto a la vez filosófico y estético. Un objeto irradiado con características que son comunes a los objetos de arte. Evidentemente, ese halo de lo artístico podría ser vislumbrado desde el software en cuestión.

¿ES ESTA ESCULTURA INDIVIDUAL Y CINÉTICA UNA EXPRESIÓN DE LA INDIVIDUALIDAD DE SU CREADOR?

El software fue concebido como una expresión individual. No expresa lo que en ingeniería se considera como “requisitos de software”, de hecho, no tiene, propiamente un usuario potencial que pueda establecer esos requisitos. No pretende mostrar la verdad sobre la teoría de la composición. Ni siquiera la teoría

misma. Sólo hace material una visión personal sobre lo que podría ser la encarnación de un creador, o su prolongación, en el entorno de la inteligencia artificial. No es ingeniería, es individualidad hecha ingenio.

¿PODRÍA ESTE INGENIO MATERIALIZADO EN UNA ESCULTURA
INMATERIAL PRODUCIR ALGÚN TIPO DE SATURACIÓN EMOCIONAL?

La contemplación del software en sí, requeriría de un conocimiento especializado. Quizás se trataría de arte hecho para artistas ingenieros. Eso restringe la posibilidad de esta saturación emocional. Sin embargo, encuentro viable la confluencia de los milagros que deben darse para producir esa saturación emocional. Un espectador que entra en contacto con este tipo de objeto artístico y tiene una experiencia que le produce este tipo de sentimiento.

¿PRODUCIRÍA ESTE OBJETO, MÍMESIS DE LA CREACIÓN Y LO CREADO
ALGÚN TIPO DE DESAFÍO INTELLECTUAL?

Encuentro esta como la respuesta más simple, es evidente que para disfrutar de un objeto de esta naturaleza se requieren conocimientos avanzados en música, programación y matemáticas. Comprender lo que está pasando requiere conocimiento, entrenamiento y un esfuerzo intelectual considerable.

¿PODRÍA INSCRIBIRSE ESTE SOFTWARE CREADOR DE MELODÍAS EN LAS TRADICIONES E INSTITUCIONES DEL ARTE?

Lograr que el objeto al que se refieren estas líneas ingrese en el mundo del arte será mérito del discurso que lo legitime. Es difícil imaginar al software expuesto en una galería, haciendo parte de un catálogo o incluso, en una sala de conciertos, si se le ve como software, sin embargo, si se plantea su naturaleza como la de un objeto interactivo que procura experiencias estéticas y que permite procesos relacionales, no importa si su taxonomía es la de una escultura inmaterial y cinética o algún tipo de *ready-made* conceptual. Su institucionalización se hace posible. Responder al interrogante corresponde más a la fuerza del discurso legitimador que tramite la inscripción del objeto dentro de la institucionalidad del arte. Dino Formagio podría decir algo semejante a: si los hombres dicen que ese software es arte, ese software será Arte.

¿PROCURARÍA UNA EXPERIENCIA IMAGINATIVA ESTE OBJETO ARTÍSTICO?

Un software que está pensado como un artefacto para crear melodías se convierte, desde su definición en un vehículo para viajar al reino de lo imaginado. Si se concibe el universo de todas las melodías posibles como un espacio de búsqueda en el sentido matemático, recorrerlo desde la perspectiva del creador, se erige como una experiencia de la imaginación, aún desde la experiencia del espectador, viajar de la

mano del software y del compositor por ese entorno de las melodías posibles adquiere el tinte de una experiencia concebida para imaginar.

A MODO DE CODA Y CONCLUSIÓN

Interrogar un objeto de software concebido desde su esencia como objeto artístico sobre su posibilidad de ser considerado como arte resulta un ejercicio bien interesante en tanto permite afirmar esas características dadas por la intuición durante el proceso de concepción de ese software como obra artística. El ser autor del software y de estas líneas me hace juez y parte, lo que otorga cierto tono de sospecha a lo que aquí se dice, sin embargo, en uso de los lentes que me permiten ver la realidad como creador, es pertinente sustentar la posibilidad de considerar estas características que se han analizado como una serie de consideraciones de diseño. Desde esa perspectiva, es interesante concluir que es posible plantear software como objeto de arte, al menos desde la perspectiva teórica de Dutton, siempre y cuando se construya dicho objeto con una intención clara y desde la óptica de la creación artística. Desde otro lado, es interesante decir que la perspectiva de Dutton puede constituir una herramienta práctica para construir el discurso que legitime la programación como una práctica artística.

En la perspectiva de un primer esbozo quedan muchas cuentas por saldar, al fin y al cabo, este escrito solo constituye una exploración creativa cuyo fin se define, como lo expresé, en el principio de este escrito, a partir de sí mismo. El objeto de la búsqueda lo constituye la búsqueda misma y su norte se define en el deleite que produce, para sí mismo, el discurso. Podré decir que mi navío guiado por las matemáticas, la música y la programación seguirá navegando y si en su tránsito se encuentra con las teorías que plantean el arte como instinto, mi sentido de navegante, pirata y buen amigo de la mar, me conducirá hacia la utopía de un puerto siempre deseado y, afortunadamente, nunca desembarcado.

MEMORIA DEL PROCESO CREATIVO

En este capítulo se transcribe la memoria de los principales asuntos relacionados con el proceso creativo que dio lugar a este texto, los dos productos de software y la obra musical. Además se plantean las decisiones creativas, así como los aspectos básicos del diseño del software y de la composición.

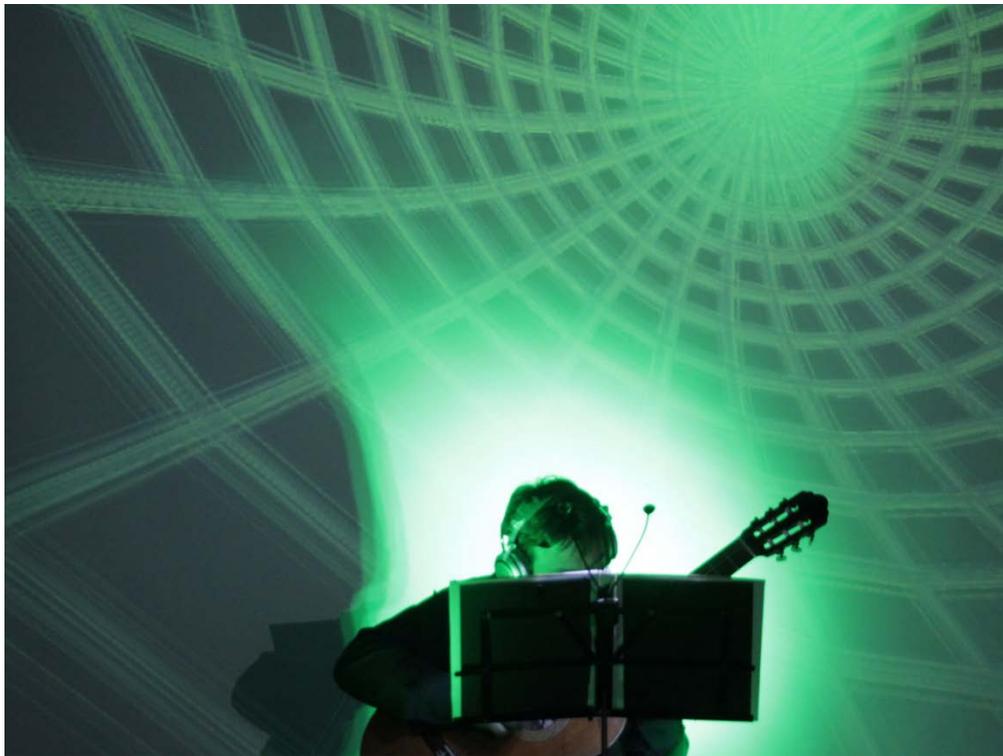


ILUSTRACIÓN 7: PRESENTACIÓN PÚBLICA DE LA OBRA "SONORIDADES Y UTOPIÁS DE LA ANTROPOSEMIOSIS POST-HUMANA", AUDITORIO HAROLD MARTINA, FACULTAD DE ARTES, UDEA, DICIEMBRE DE 2014

DEFINICIÓN DE PRINCIPIOS CREATIVOS

PRINCIPIOS ASOCIADOS AL DESARROLLO DE SOFTWARE

A fin de desarrollar un programa que pudiera evolucionar en la línea del software-arte se definieron unos derroteros de desarrollo creativo que constituyen una síntesis de mi postura estética respecto al estado del arte realizado y a los ensayos críticos que aparecen en este trabajo. Las declaraciones de esos principios se expresan a continuación:

1. Más allá de una herramienta, el software-arte debe ser un objeto que exprese una conceptualización artística

Un software para el arte debe poder situarse entre una frontera difusa y escurridiza acotada por la subjetividad. Es software, claro está, y su proceso de desarrollo deberá emplear las lógicas con las que se produce software, pero al mismo tiempo, en ese escenario meta-discursivo que propone el arte, el software deberá erigirse como “un artefacto interactivo para la comunicación y el pensamiento” (Lévy, 1992) y el arquitecto- desarrollador como un “urbanista que trabaja con símbolos” (Lévy, 1992).

Un software para el arte debería, en primera instancia, tratar de re-visitar los viejos territorios en los que las fronteras entre la *techné* y la *poiesis* se hacían fácilmente

navegables, situarse en medio de la brecha y estimular una producción capaz de sobre-determinarse y producir esos meta-discursos que son propios de las artes.

Aparece, entonces, una primera pregunta que cuestiona sobre la posibilidad del software de sobre-determinarse y producir meta-discursos. Es decir, la posibilidad de ver el software, no sólo como “herramienta” para el arte, sino como “objeto de arte”. En otras palabras y retomando una vez más los conceptos de Pierre Lévy: “Un objeto interactivo para la comunicación y el pensamiento”, pero esta vez, sobre-determinado, es decir, poseedor de una técnica que se trasciende a sí misma para plantearse como una suerte de frontera flexible que comunica los mundos de las artes y las ingenierías.

2. El software-arte debe permitir la generación de material pre-composicional al servicio de un proceso de conceptualización artística posiblemente regido por factores estetizantes y experimentales

En estos días, el compositor navega en un complejo escenario en donde todas las lógicas del oficio pueden ser transgredidas (o al menos re-significadas) y, en el sentido Heideggeriano, transvasadas y sobre-determinadas. Las normas de la música de hoy son las que define el compositor, su actitud ante la tradición, en esta época, permite seleccionar, inventar, re-inventar, visitar, transgredir y generar unas reglas propias que sólo son válidas en el contexto mismo de la obra musical,

ámbito sometido a la tiranía relativa del concepto artístico y filosófico que origina la obra.

Como se ha enunciado, la tarea del compositor, constituye un proceso intelectual de pensamiento en el que, si bien interviene la subjetividad, aparecen procesos extra-musicales que definen el decurso del trabajo. Toda esta lógica trasciende la actividad que coloquialmente se asigna al compositor: “escribir música dictada por su inspiración”... Lo extra-musical incluso, trasciende lo estético, como bien lo expresa Boulez: “Nada se basa en la ‘obra maestra’, en el ciclo cerrado, en la contemplación pasiva, en un placer puramente estético. La música es una forma de estar en el mundo, se convierte en una parte integral de la existencia, está conectada con ella de forma inseparable; es una categoría ética, ya no es simplemente una categoría estética” (Nyman, Báez, & Ponsatí-Murlà, 2006, p. 5).

Los materiales pre-composicionales, como se ha anotado, no emergen hoy de la inspiración, devienen del concepto artístico-filosófico (o estético) que origina la obra. Su fuente deberá estar anclada a un conjunto de razonamientos que le dan sustento, ese conjunto de razonamientos está asociado, asimismo, a procesos como la estetización y como la experimentación. En los siguientes fragmentos de texto se acotan sucintamente estos conceptos.

El fenómeno al que alude [la estetización] es aquel donde el equilibrio entre experiencia artística y experiencia estética se ha diluido, se ha quebrado. En la estetización los componentes estéticos de los productos artísticos son hegemónicos respecto a los demás componentes, por lo que esta hegemonía integral de lo estético, al ser excesiva, hace que un producto se estetice. La estetización se produce cuando el componente estético se convierte en absoluto y los valores estéticos ocultan o disfrazan otros valores, los valores artísticos, dando lugar a una “desartisticidad”, y abandonando así el concepto de capacidad artística (“técnica”) a través de la incorporación de elementos que se encuentran “fuera” del arte (ruidos en música o imágenes de archivo en las artes plásticas, por ejemplo). La estetización, por tanto, implica “desartización”, lo cual constituye una aminoración de lo que se denomina “arte” (habilidad artística, técnica, etc....). El mundo del arte se cierra sobre sí mismo, y, sin embargo, el arte de masas cada vez se expande más, por lo que los artistas actuales ya no son los de las vanguardias ya que la estetización se produce en este “extrarradio” del arte. Si los aspectos estéticos priman sobre el aspecto práctico o funcional, la función se

pierde, exagerando el aspecto estético y borrando otros aspectos o funciones (Román, 2008, p. 13).

Respecto a la experimentación, proceso que significa algo muy distinto a lo que representa en el contexto de las ciencias básicas, Cage da algunas luces:

A veces los compositores ponen objeciones al uso del término experimental como descriptivo de sus obras, ya que se afirma que los experimentos que se hacen preceden a sus pasos que se dan finalmente con determinación, y que tal determinación es saber, tener en mente, de hecho, un orden particular, aunque sea poco convencional, de los elementos utilizados. Estas objeciones son claramente justificables, pero sólo en el caso de que se limite a una cuestión de hacer una cosa sobre la que se centra la atención como se evidencia en la música serial contemporánea. Por otra parte, cuando la atención pasa a la observación y la audición de muchas cosas a la vez, incluyendo aquellas que forman parte del entorno (o sea, que pasa a ser inclusiva, no exclusiva), no se puede plantear el hacer en términos de formar estructuras comprensibles (uno es un turista), y entonces la palabra “experimental” es adecuada, siempre que se entienda como una descripción de un acto que más tarde

habrá de juzgar en términos de fracaso o éxito, sino simplemente como un acto cuyo resultado es desconocido (Nyman et al., 2006, p. 4).

No bastaría con producir un software que imitara discursos sonoros de un estilo o período determinado de la historia del arte. El software que se requiere debe poder permitir que el compositor genere sus propias reglas, las obedezca, las transgreda y juegue con ellas en un proceso que goce de una trazabilidad que pueda ser puesta al servicio de la coherencia interna de la obra que se está componiendo, si ese es el deseo del compositor.

3. El software-arte deberá trascender la idea de la composición asistida para establecer un contexto de diálogo creativo entre el desarrollador y el compositor

Se ha dicho ya que un software para las artes deberá trascender la idea de una “herramienta tecnológica”, más bien deberá establecerse como la expresión de un concepto artístico y estético que a su vez, en una especie de “recursión” que colabora con el compositor en la construcción de un material pre-composicional que está al servicio de una conceptualización estética, posiblemente regida por factores estetizantes y experimentales.

Co-laborar significa trabajar-con, es decir, compartir tareas en el contexto de un propósito común. El compositor debería ir formalizando su conceptualización artística con ayuda del software quien debería devolver esa conceptualización en términos de material pre-composicional que permitiera refinar el proceso de conceptualización en un proceso interactivo.

Pese a que, algunas veces, se ha empleado el término “composición asistida” el software que se pretende desarrollar desborda la idea de “asistir”. Más bien se establece en una categoría de co-laboración que le permite su estatus de objeto artístico, auto-sobre-determinado y expresión material de un concepto estético que proviene de su creador.

En la música contemporánea: “A los compositores experimentales en general no les preocupa designar un tiempo-objeto definido cuyos materiales, estructura y relaciones estén calculados y fijados de antemano, sino que les emociona más la idea de perfilar una situación en la que pueden darse sonidos, un proceso de generación de acción (ya sea sonora o de otro tipo), un campo delineado por ciertas “normas” composicionales”(Nyman et al., 2006, p. 6), en el diálogo que se propone entre el compositor y el desarrollador, ambos actúan como “motor” de ese proceso de “generación-acción” en el que aparecen materiales pre-composicionales que son

expresión de un concepto formalizado a partir del desarrollo del software y del trabajo que el compositor hace con éste.

4. El software-arte puede ser fuente de estrategias para trascender aspectos funcionalistas e instrumentales y para subvertir aspectos disciplinares de las artes, la música y la ingeniería

El software puede erigirse como una fuente de estetización y un portador de subjetividades pero en el contexto de la tradición de las ingenierías ha sido visto como un objeto puramente funcional, destinado a ser empleado como herramienta en la solución de problemas específicos de las sociedades. Los desarrolladores de software encuestan a los posibles usuarios para determinar lo que éstos “necesitan”. Desde una perspectiva que transgrede conscientemente esta mirada, el desarrollador, desde su estatus artístico, define para sí mismo la manera de expresarse y plantea, ya no “requisitos de software” sino derivas, construcciones imaginarias, declaraciones y definiciones creativas que se convierten en la semilla del software construido. El problema creativo sale de la tradición disciplinar de la ingeniería para ingresar al taller del artista en el cual éste es amo y señor convierte al software en un objeto artístico, al servicio de sus necesidades estéticas, estetizantes, conceptuales, artísticas y creativas.

En el taller del “artista-ingeniero” también ingresan las lógicas del “ingeniero”, naturalmente, en el contexto de una hegemonía, en la cual el artista define las reglas de juego. Los métodos de la ingeniería, y en concreto, el desarrollo de software, se convierten en esclavos del concepto artístico y adquieren una maleabilidad que les permite transformarse, continuamente, en función del proceso. Al fin y al cabo, no hay requisitos de software, no hay cliente y no existe ninguna funcionalidad a satisfacer.

Finalmente, el artista-desarrollador, aunque sea ingeniero, deja su estatus de ingeniero y asume su ictus de artista. Su formación ingenieril ingresa en su taller y en su proceso pero siempre subordinada a los intereses del arte. No hace ingeniería, “imagina”, crea, sueña, construye, como un artista que en una piel interna se sabe ingeniero.

5. Función de las matemáticas en el proceso creativo

Las matemáticas constituyen, gracias a su naturaleza, que podría definirse, de manera sucinta como una vasta tautología que no pretende servir más que a la construcción de un discurso que se auto-objetiva y se legitima a sí mismo, el puente más expedito, entre las disciplinas artísticas y la ingeniería. El desarrollo del software-arte puede utilizar este hecho como una fuente de estrategias para

trascender aspectos funcionalistas, instrumentales y para subvertir aspectos disciplinares de las artes, la música y la ingeniería.

6. La computación evolutiva como fuente estetizante del discurso creativo y como medida anarco-epistémica

La computación evolutiva se basa en una idea que considera el proceso evolutivo como una ruta siempre ascendente en la posibilidad de éxito de las especies, su objetivo se plantea siempre desde la búsqueda de óptimos, en sentido matemático. El desarrollo del software en referencia busca ahondar en otras concepciones de la evolución, no siempre lineales y optimistas, a fin de subvertir ese objetivo y plantear formas de evolución deliberadamente desobedientes con los la idea de los “óptimos”. Exploraciones estas consideradas como tránsitos dirigidos matemáticamente pero concebidos desde la aventura, no desde la optimización. La subversión de ese principio básico que configura la computación evolutiva constituirá una de las características transgresoras, indisciplinadas y “anarco-epistémicas” de la ingeniería, que se utilizarán para la concepción de un software desde la perspectiva de arte.

7. Adaptación subversiva las metodologías de desarrollo de software

Hasta ahora se ha concebido la adaptación del proceso de desarrollo OPEN-UP como un ejercicio enfocado principalmente a hacer posible el trabajo interdisciplinar. Desde ahora se tomará ventaja de las posibles adaptaciones subversivas que puedan realizarse a fin de in-disciplinar los conceptos relativos a la forma instrumental, enfocada en el desarrollo de soluciones y en la calidad desde la cual se concibe el software usualmente. La metodología resultante incluirá puertas que posibiliten estos ejercicios transgresores.

8. Una reflexión sobre el tránsito de las máquinas de cálculo a los artefactos para la comunicación

Según Manovich, la función de las computadoras ha ido transitando desde su misión de “calcular” hasta otra que pretende convertirlas en herramientas para la comunicación (Manovich, Lev, 2002). El desarrollo de este software hará énfasis en la reflexión sobre este tránsito considerando requisitos asociados con el cálculo, la comunicación y los intersticios que puedan existir entre ellos. Desde esta perspectiva se plantearán las dimensiones relativas a lo interactivo, a lo artístico-relacional, a la comunicación entre las disciplinas artísticas y las matemáticas, y a la creación colaborativa.

9. La vanguardia como semilla de una nueva vanguardia

También para Manovich, las vanguardias de las artes han ido convirtiéndose en características propias del software que a su vez se transforman en semillas de nuevas vanguardias (2002). Es así como el *collage* origina las funciones básicas de copiar y pegar o como los desarrollos del montaje cinematográfico originan las ventanas de las interfaces de software que combinan la perspectiva del montaje simultáneo con la del montaje en el tiempo. Desde esta lógica, el software en desarrollo busca convertir la presencia de los métodos de inteligencia artificial en la semilla de un nuevo tipo de vanguardia al generar nuevas opciones creativas.

10. Múltiples miradas del software.-arte

El software puede ser visto como arte desde varias ópticas: la transgresión a su funcionalidad, el valor estético del código, la interfaz vista desde la configuración de las artes visuales, las potencialidades políticas manifiestas en la dimensión comunicativa del software, entre otras (Alsina, Pau, 2004). La adaptación del proceso OPEN-UP que se desarrolla en este proyecto, de manera paralela con el software, incluye herramientas reflexivas y metodológicas para explorar cada una de estas potencialidades.

11. Interacción de actores humanos y post-humanos en los procesos de circulación del arte analógico

Las reflexiones acerca de la post-humanidad y de las utopías del arte digital (Alcalá, José Ramón, 2013) desde las cuales se pretende desarrollar el software implican la construcción de escenarios en los que puedan interactuar diversos tipos de actores, algunos de ellos, ciudadanos de la post-humanidad y otros humanos en el sentido tradicional. Esta interacción implica explicitar la posibilidad de que el software o sus productos puedan circular por medio de los canales tradicionales del arte analógico.

DESARROLLO DE SOFTWARE

Durante el proceso creativo acometido en la maestría se desarrollaron dos programas de software, el primero denominado ***Compocyborg Musicum Darwinium***, un generador de melodías que utiliza programación evolutiva basada en gramáticas libres de contexto y el segundo, bautizado como ***Compocyborg Luminus Tiresius***, un generador de visualizaciones sonoras y controlador de luces que convierte eventos sonoros (de audio y MIDI) en visualizaciones geométricas.

El primero de estos programas se desarrolló utilizando la metodología OPEN-UP, para el segundo se empleó un proceso más libre y menos formal, basado en la definición de casos de uso y en la codificación creativa (creative coding), una forma de desarrollo que ha sido asociada a las comunidades de artistas y a lenguajes como *Processing* y *Pure Data*. A continuación se describen los aspectos básicos de ambos procesos de desarrollo de software.

PROCESO DE DESARROLLO DE COMPOCYBORG MUSICUM DARWINIUM

Una vez definidos los principios creativos, se procedió a convertirlos en requisitos de software y casos de uso y a conducir el proceso de desarrollo desde una perspectiva estándar que arrojó tres versiones funcionales del programa en desarrollo. Para ilustrar esta etapa del proceso se transcriben los diagramas de

clases y actividades (UML) que ilustran, respectivamente, la manera como está concebida la arquitectura del programa y la forma como éste procesa la información.

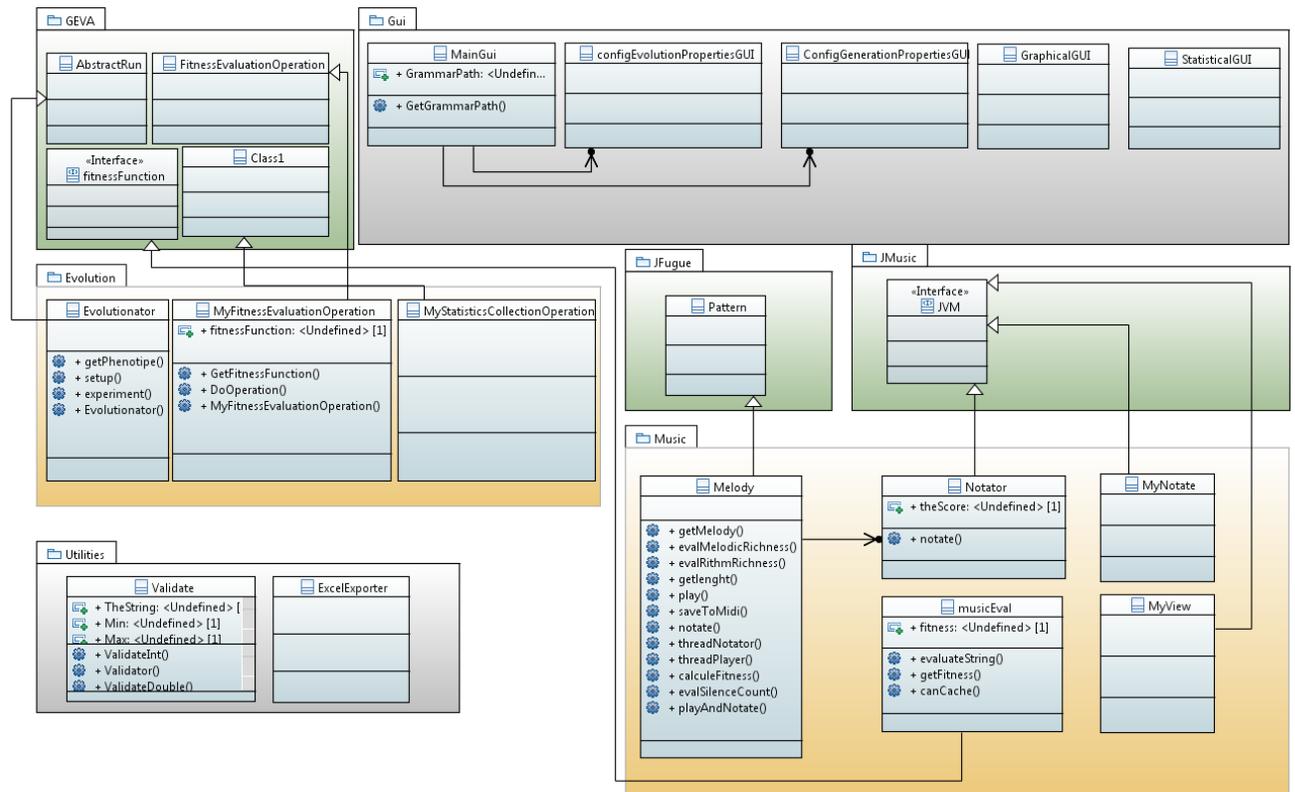


ILUSTRACIÓN 8: DIAGRAMA DE PAQUETES DE COMPOCYBORG MUSICUM DARWINIUM

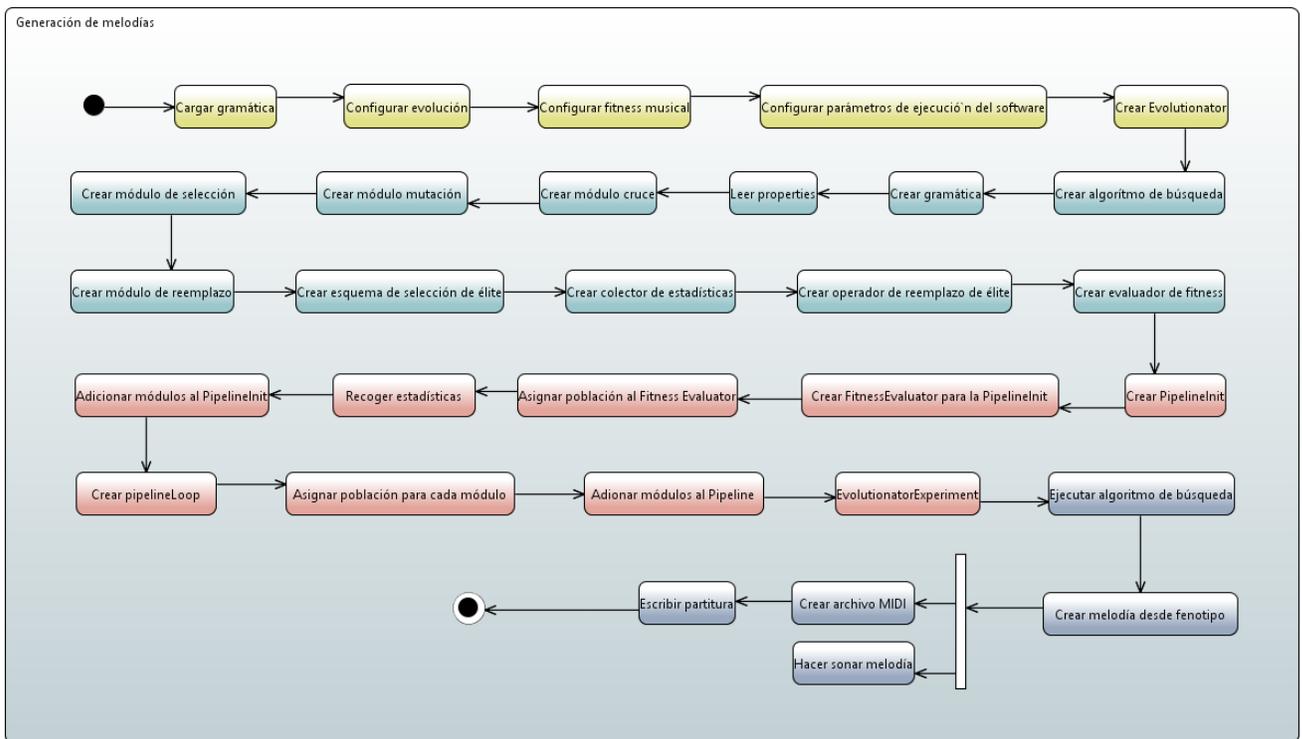


ILUSTRACIÓN 9: DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DE COMPOCYBORG MUSICUM DARWINIUM

El desarrollo del software tuvo una primera fase que se desplegó, de manera simultánea durante mi formación como ingeniero de sistemas y el inicio de mi maestría en artes. Desde ambos procesos se produjo un decurso de carácter interdisciplinar que alimentó el desarrollo de mi trabajo de grado como ingeniero y de éste que forma parte de la maestría en artes. Desde la maestría se construyeron las primeras reflexiones para hacer posible el desarrollo de un software pensado como objeto artístico y desde la ingeniería se hicieron las construcciones

matemáticas y de desarrollo del software. El proceso, además de interdisciplinario, tuvo un carácter dialéctico, propedéutico y de evolución en espiral.

Las reflexiones que se originaban en el contexto del arte y de la estética se reescribieron en el terreno de la ingeniería y, a su vez, los procesos de desarrollo propios de la arquitectura y el desarrollo de software se reformularon para hacer posible la concepción del software-arte. El proceso interdisciplinar arrojó una armonía epistemológica entre los objetos, los métodos, las formas de construir conocimiento y las comunidades propias de cada disciplina. Los puntos en común de ambos trabajos documentan los procesos de escritura, adaptación, reescritura y desarrollo de pensamiento que debí emprender para este proceso.

Como parte del trabajo de grado de ingeniería de sistemas se desarrollaron tres versiones incrementales del software. La última de ellas y la memoria de su proceso de desarrollo constituyeron el insumo inicial para el software que, en el contexto del trabajo de grado de maestría, se produjo. A continuación se resumen aspectos básicos de ese primer proceso que, como se ha anotado, constituyen la línea base del actual proyecto.

FORMALIZACIÓN DEL PROCESO DE DESARROLLO

Si bien el proceso de desarrollo del software en referencia debió adoptar una metodología coherente con la tradición disciplinar de la ingeniería, para hacerlo susceptible de evolucionar hasta convertirse en una propuesta artística, fue necesario rediseñar esa metodología y construir una nueva que bebiera del método del arte y de las reflexiones estéticas relativas al software-arte.

Como metodología de desarrollo se adoptó OPEN-UP (Proceso Abierto de Desarrollo), un esquema de trabajo que corresponde al universo de las llamadas “Metodologías ágiles” de desarrollo de software. A los pasos de Open-UP se añadieron dos etapas iniciales: en la primera se abordaron las reflexiones estéticas, filosóficas y conceptuales (correspondientes al más alto nivel de abstracción en el proceso) y en el segundo se convirtieron las conclusiones de estas reflexiones en un conjunto de principios creativos (correspondientes a un segundo nivel de descenso en abstracción). A partir de ese momento, los pasos del proceso OPEN-UP correspondieron a los empleados en ingeniería, salvo por el enfoque interdisciplinar, transgresor e in-disciplinado (en el sentido de un proceso que subvierte la disciplina y que personalmente me gustaría denominar “anarco-epistémico”) que se utilizaría para abordar cada uno de ellos.

Antes de iniciar el proceso de desarrollo se hizo un repaso de distintas metodologías a fin de encontrar la que más se adaptara a las particularidades del problema. La metodología elegida fue OPENUP, una versión ágil de RUP, promovida por la fundación Eclipse, que pretende reducir al mínimo necesario los artefactos de desarrollo y que tiene un nivel de apertura grande que le permite adaptarse a diversos proyectos y circunstancias. En el siguiente cuadro se ilustran los pasos típicos de OPEN-UP

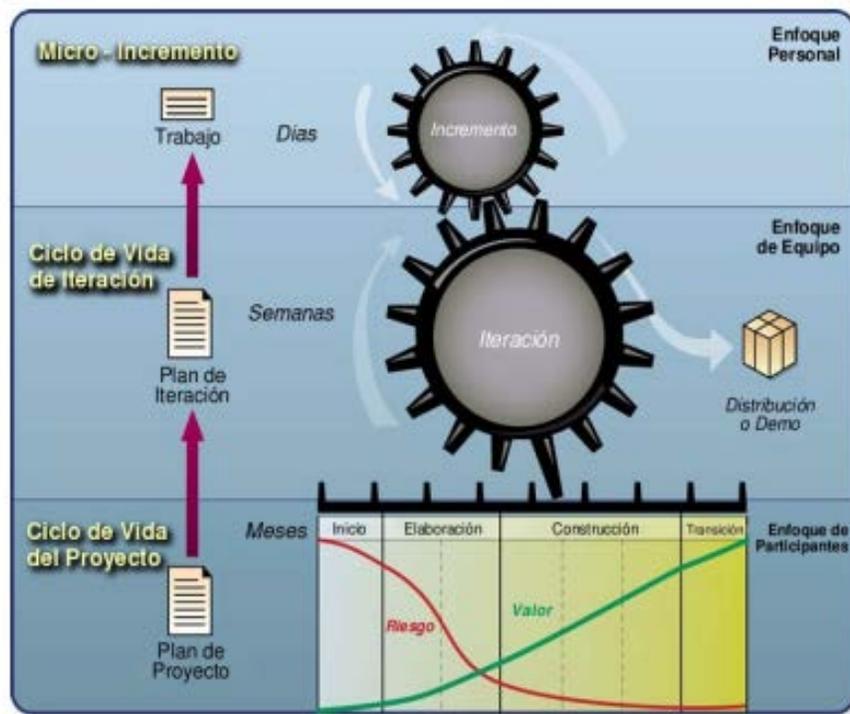


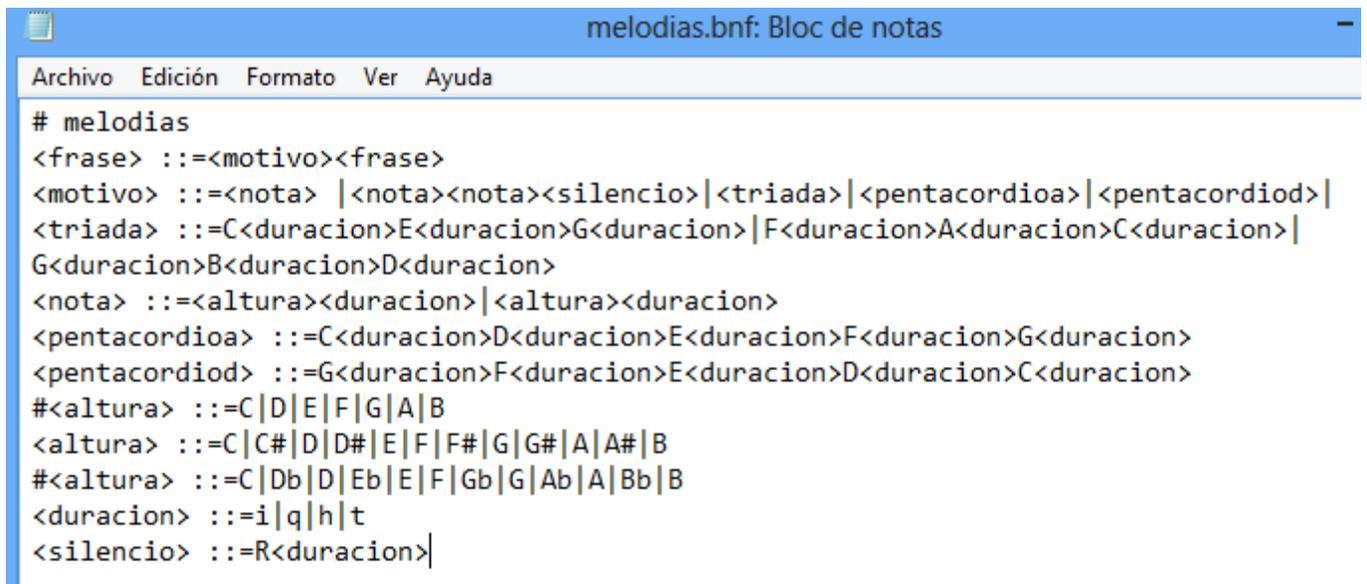
ILUSTRACIÓN 10: PROCESO OPEN-UP

PRESENTACIÓN DEL SOFTWARE COMPOCYBORG MUSICUM DARWINIUM

El software que se ha desarrollado tiene una interfaz de usuario básica desde donde se cargan los parámetros hacia un archivo así como la gramática (un archivo de texto en formato BNF-*Backus-Naur Form*); se re-definen los parámetros (de considerarse necesario) y se generan las melodías que pueden ser visualizadas en notación musical tradicional y los resultados de la evolución que se muestran en una gráfica estadística (generaciones vs alguno de los componentes de la función de ajuste). El programa permite exportar las melodías en formato MIDI y los resultados a una hoja de cálculo.

El sistema desarrollado emplea una gramática libre de contexto, escrita en una versión simplificada del formato BNF que explicita cada una de las reglas de producción (se considera simplificado porque los alfabetos y el símbolo inicial están expresados, implícitamente en las reglas de producción).

El siguiente es un ejemplo de gramática:



```
# melodias
<frase> ::= <motivo> <frase>
<motivo> ::= <nota> | <nota> <nota> <silencio> | <triada> | <pentacordioa> | <pentacordiod> |
<triada> ::= C <duracion> E <duracion> G <duracion> | F <duracion> A <duracion> C <duracion> |
G <duracion> B <duracion> D <duracion>
<nota> ::= <altura> <duracion> | <altura> <duracion>
<pentacordioa> ::= C <duracion> D <duracion> E <duracion> F <duracion> G <duracion>
<pentacordiod> ::= G <duracion> F <duracion> E <duracion> D <duracion> C <duracion>
# <altura> ::= C | D | E | F | G | A | B
<altura> ::= C | C# | D | D# | E | F | F# | G | G# | A | A# | B
# <altura> ::= C | Db | D | Eb | E | F | Gb | G | Ab | A | Bb | B
<duracion> ::= i | q | h | t
<silencio> ::= R <duracion>
```

ILUSTRACIÓN 11: EJEMPLO DE GRAMÁTICA UTILIZADA POR COMPOCYBORG MUSICUM DARWINIUM

SISTEMA DE REPRESENTACIÓN Y PROCESO DE DERIVACIÓN

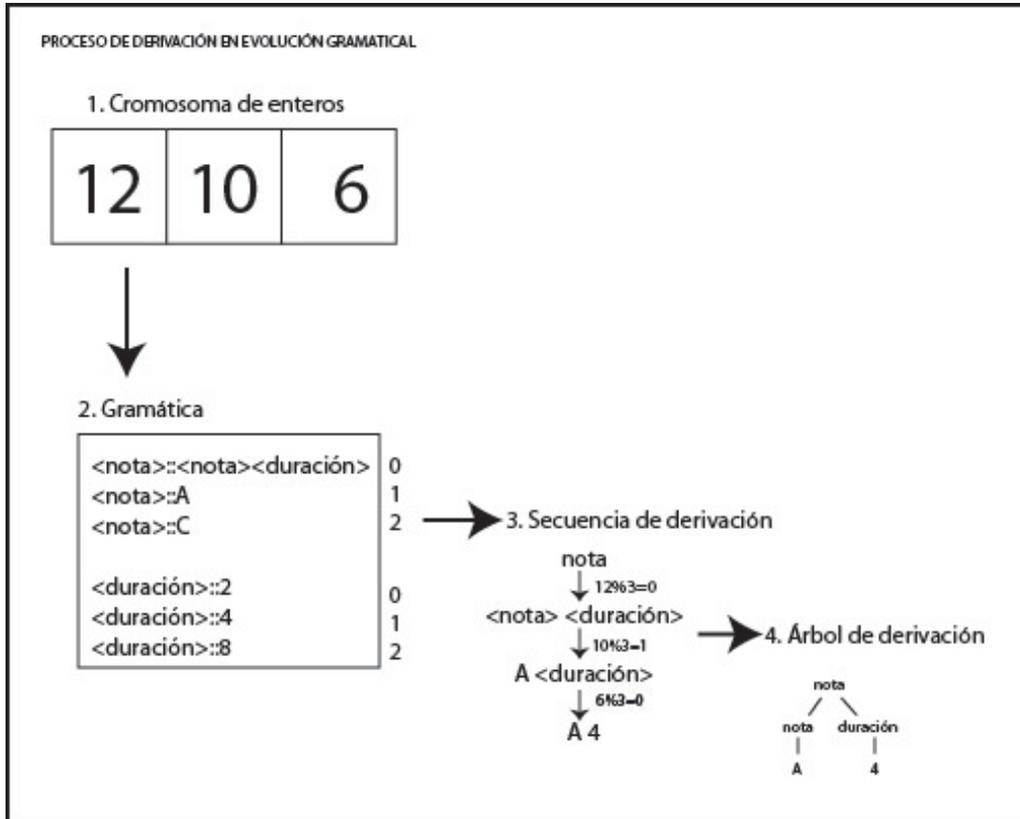


ILUSTRACIÓN 12: PROCESO DE DERIVACIÓN EN EVOLUCIÓN GRAMATICAL

En la evolución gramatical los cromosomas son secuencias de números binarios o enteros (en el caso de esta aplicación) que permiten escoger las reglas de producción que se utilizan al derivar los símbolos no terminales de la gramática (para esto se utiliza el operador módulo). El proceso de mapeo genera una secuencia de derivación que se almacena en un árbol de derivación que

posteriormente se utiliza para generar cada una de las melodías que se harán evolucionar.

PARÁMETROS QUE PUEDE UTILIZAR EL ALGORITMO EVOLUTIVO

Como parámetros de evolución que utilizará el algoritmo, el compositor puede elegir de entre los siguientes, según su decisión creativa: dimensión inicial del cromosoma, número de generaciones, tamaño de la población, probabilidad de cruce, probabilidad de mutación, probabilidad de crecimiento, porcentaje en la cola, profundidad máxima del árbol de derivación, tamaño de élite, tamaño de torneo, brecha generacional, re-usos del cromosoma (*wrapping*), cruce en punto fijo (si-no), evaluar élites (si-no). Los operadores de selección, cruce y mutación son fijos y corresponden a los métodos: *TournamentSelect*, *ShapeGrammarSelect* y *IntFlipByteMutation*, respectivamente. Se reitera que el usuario tiene la oportunidad de escoger cuáles parámetros emplea en cada proceso de generación de melodía pudiendo descartar, de acuerdo con su concepción musical, experimental o estetizante, aquellos que no considere necesarios.

FUNCIÓN DE AJUSTE

$$F = \sum_{i=1}^n p * c_i$$

ECUACIÓN 3: FUNCIÓN DE AJUSTE

La función de ajuste está estructurada como un polinomio cuyos coeficientes se definen desde la interface del programa (**p**= peso de cada característica; **c**= valor de cada característica). Además de los coeficientes, el programa permite determinar algunas variables adicionales para componentes de la función de ajuste (éstas no hacen parte de la ecuación y se usan para calcular características adicionales).

Los siguientes son parámetros que afectan la función de ajuste, los cuales están agrupados en tres categorías: 1) aspectos generales (que contiene variables que, si bien no forman parte de la función de ajuste, son necesarias para calcular algunos de sus términos: la signatura de compás, la nota definida como tónica y la nota definida como dominante), 2) restricciones y 3) aspectos a privilegiar.

Cada uno de los parámetros de la función de ajuste corresponde a un término del polinomio de ajuste y su coeficiente (definido en la interfaz como peso) puede graduarse en un rango que va desde -10 hasta 10 unidades.

En la categoría de las restricciones aparecen las siguientes variables: a) considerar sólo series (parámetro que por ser dicotómico sólo tiene dos rangos posibles y que se refiere a penalizar, severamente, la aparición de sonidos hasta tanto no se hayan completado todas las notas de la escala cromática); b) longitud (medida en compases) y rango esperado; c) evitar intervalos de tritono, d) evitar intervalos (dos componentes ajustables en los que puede definirse, para cada caso un intervalo); e) evitar silencios excesivos; f) evitar saltos melódicos (es decir, privilegiar grados conjuntos) y g) evitar notas repetidas consecutivas.

Por otra parte, entre los aspectos a privilegiar aparecen: a) la variedad melódica, rítmica e interválica (definida como la cantidad de notas, figuras o intervalos diferentes entre su total); b) iniciar a tempo, en anacrusa o en contratiempo; c) iniciar, terminar o reiterar la tónica (o la dominante); d) privilegiar movimientos ascendentes o descendentes; e) controlar la cantidad de clímax (notas más agudas, zenith) o nadir (notas más graves); f) producir abundantes alteraciones; g) resolver alteraciones (con dos opciones de dirección, ascendente y descendente) y h) resolver grados activos (con opciones para definir los grados que se consideran activos, su dirección de resolución y la posibilidad de que sean salvados con un movimiento en sentido de la resolución que avance un paso más allá de lo requerido y luego regrese a la nota de resolución).

Es importante anotar que los parámetros de la función de ajuste fueron definidos de una manera que busca trascender la teoría musical aportando opciones para modificar algunas de las reglas. Por ejemplo, la tónica y la dominante no tienen necesariamente que ser las que establece la tonalidad tradicional. El usuario puede definir cualquier nota como tónica y cualquiera como dominante. El tratamiento de los grados activos no se limita al que propone la teoría tradicional. El usuario puede considerar como grados activos otros que considere convenientes y definir, de manera arbitraria, la dirección de resolución y el hecho si pueden ser “salvados”. La resolución de sostenidos y bemoles no es, necesariamente, la que propone su orden en la escala cromática, el usuario, también la puede definir. Finalmente, se aclara, una vez más, que el programa permite considerar sólo los parámetros que el compositor considere pertinentes para sus propósitos creativos. Para lograrlo, puede anular algunos de éstos, al asignarle un peso de cero que, como ya se ha dicho, en párrafos anteriores, corresponde a un coeficiente nulo en el polinomio utilizado como función de aptitud.

En las siguientes capturas de pantalla se ilustran los aspectos básicos de la interface del software y su funcionamiento:

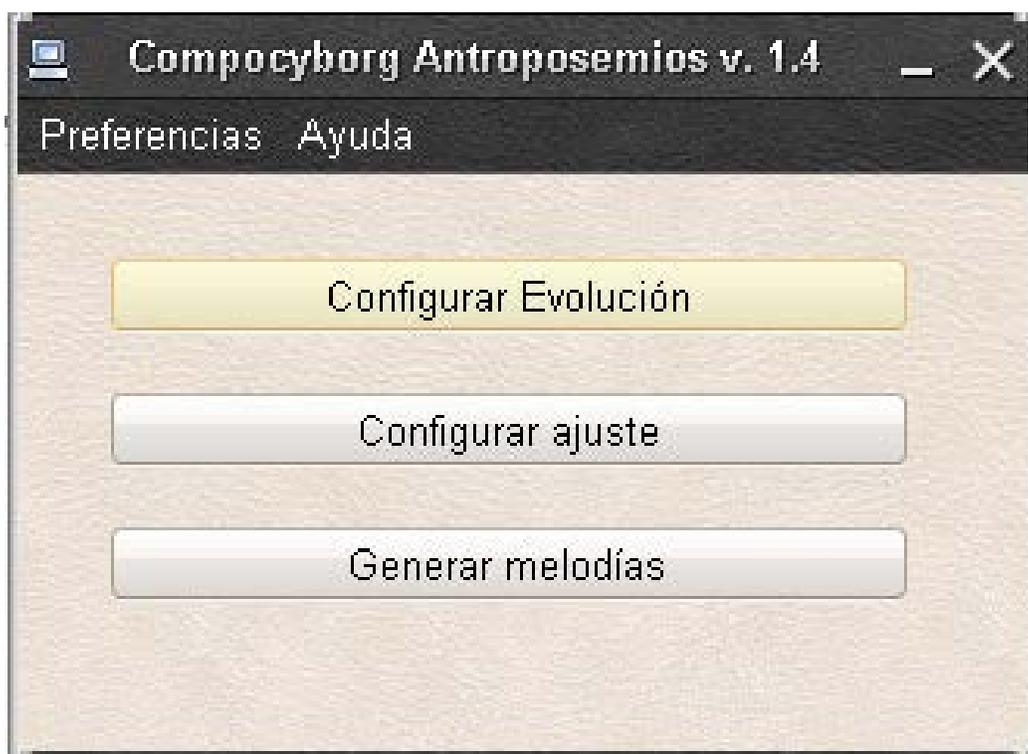


ILUSTRACIÓN 13: VENTANA PRINCIPAL DEL PROGRAMA

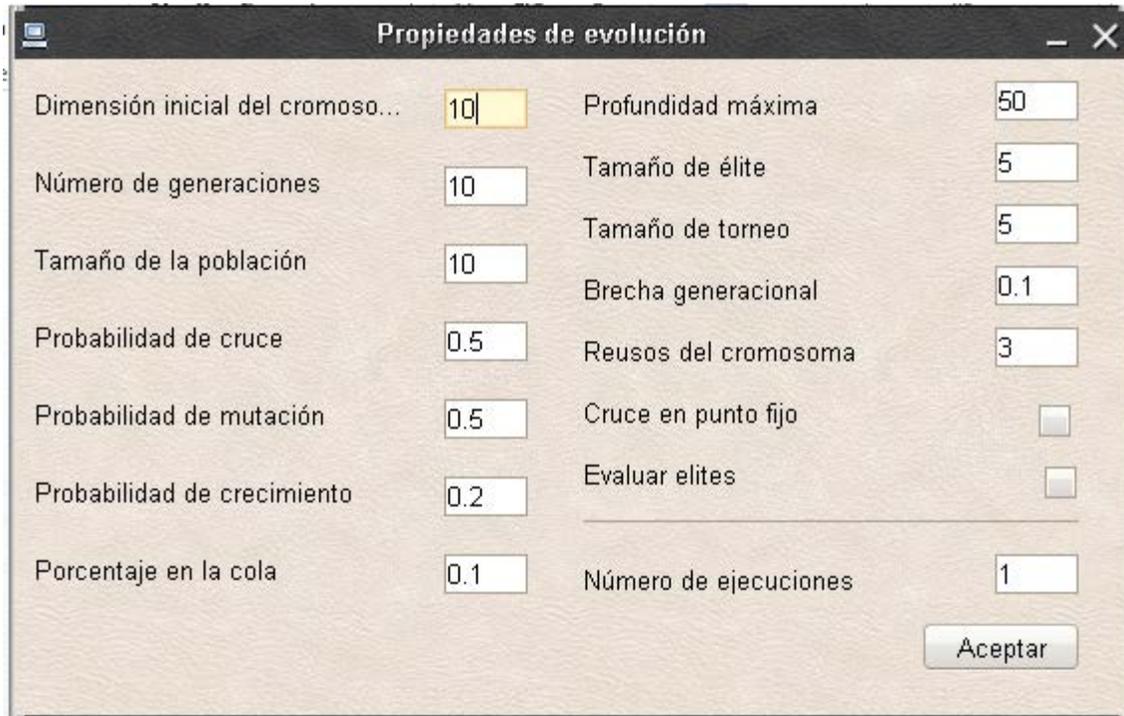


ILUSTRACIÓN 14: VENTANA DE SELECCIÓN DE PARÁMETROS DE EVOLUCIÓN

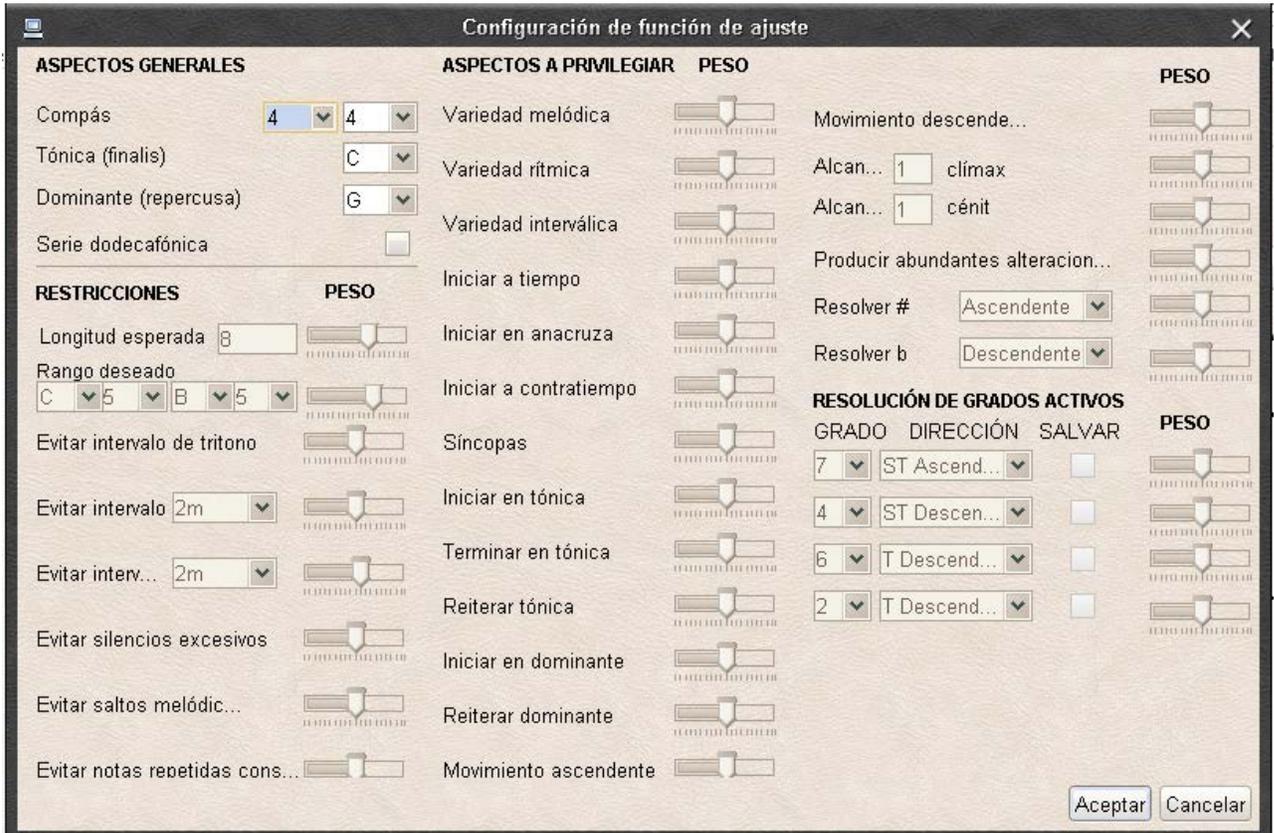


ILUSTRACIÓN 15: VENTANA DE SELECCIÓN DE PARÁMETROS DE AJUSTE

Gen.	Fitness	Compases	P. Longitud (2)	Evitar 2m (1)
0	2.21	6.12	1.31	-0.4
1	1.7	8.41	0.95	-0.2
2	1.19	8.94	0.9	-0.6
3	0.61	12.19	0.66	-0.7
4	0.34	14	0.57	-0.8
5	-0.55	24.72	0.32	-1.2
6	-0.44	20.94	0.38	-1.2
7	-0.81	41.38	0.19	-1.2
8	-0.92	33.09	0.24	-1.4

Exportar a Excel

Exportar MIDI

ILUSTRACIÓN 16: VENTANA DE PRESENTACIÓN DE ESTADÍSTICAS



ILUSTRACIÓN 17: VENTANA DE PRESENTACIÓN DE MELODÍA

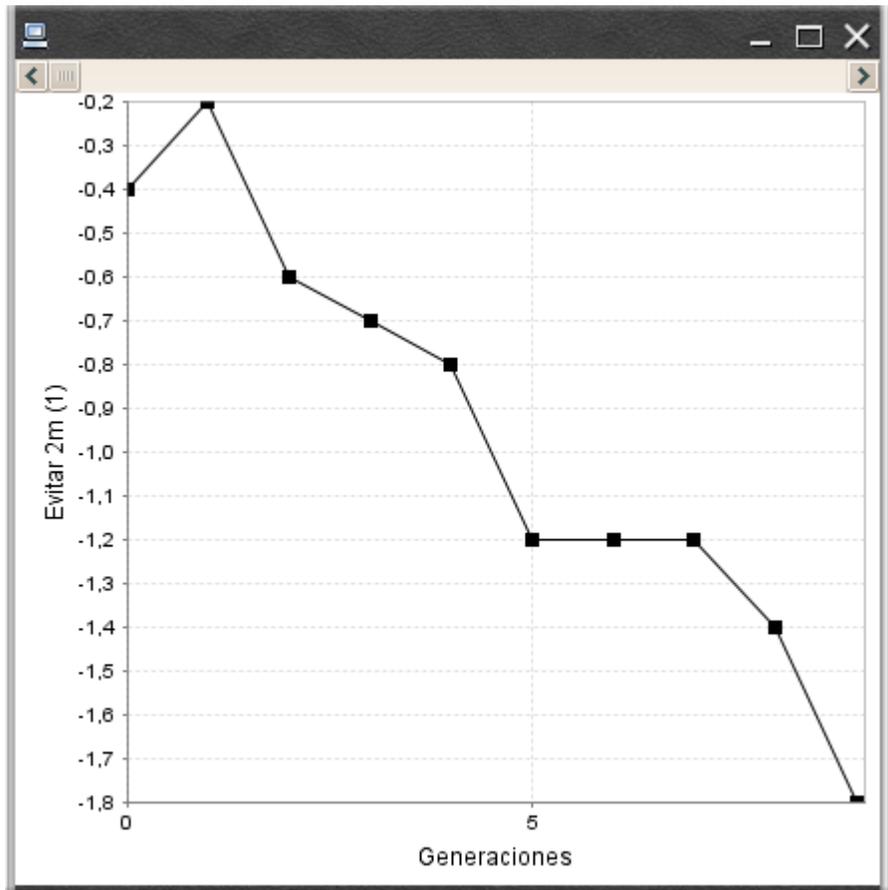


ILUSTRACIÓN 18: EJEMPLO DE GRÁFICA PRODUCIDA POR EL PROGRAMA

PRESENTACIÓN DEL SOFTWARE COMPOCYBORG LUMINUS TIRESIUS

El programa **Compocycborg Luminus Tiresius** genera visualizaciones basadas en información de audio y MIDI. Su corazón es un sistema de partículas cuyas características (cantidad de partículas, traslación del origen, trayectoria de las partículas, velocidades, aceleraciones, comportamiento respecto a la gravedad,

colores, transformación de colores y tiempo de vida de las partículas) están mapeadas a información de audio y MIDI. Como intermediarios entre los datos de audio y MIDI y el sistema de partículas, se encuentran un autómata finito determinístico y una red neuronal artificial que generan factores que transforman sus valores. Las modificaciones de estos dos subsistemas suceden cada que se envía un pulso (una nota MIDI específica o un evento de audio). Esto ocurre con el fin de controlar las transformaciones de la visualización sonora en términos de la estructura formal de la música. El programa está construido en el lenguaje *Pure Data Extended* y, a continuación se describen sus características fundamentales.

El módulo principal "*maincyborg*" contiene el acceso a los módulos de control y el puente entre los módulos "*conmucyborg*", autómata finito determinístico encargado de generar conjuntos de parámetros y "*neurocyborg*", la red neuronal artificial encargada de generar los parámetros que gobiernan los colores, con "*spherisounder*", el módulo que contiene el sistema de partículas que, a su vez, produce las visualizaciones.

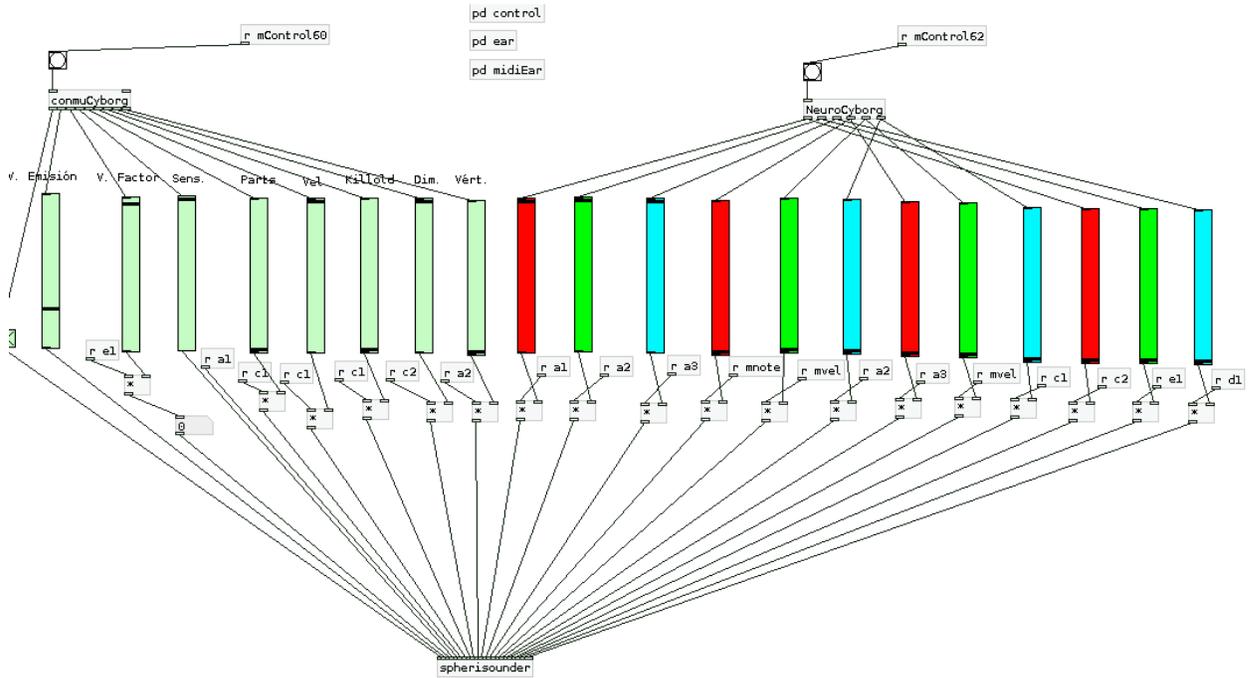


ILUSTRACIÓN 19: MÓDULO PRINCIPAL DE COMPOCYBORG LUMINUS TIRESIUS

El módulo “*conmucyborg*” contiene un autómata finito determinístico implementado sobre el objeto “*mlife*” de Pure data. Se inicia con números aleatorios y cada que recibe un *bang*, genera un nuevo valor para cada uno de los 8 datos que contiene.

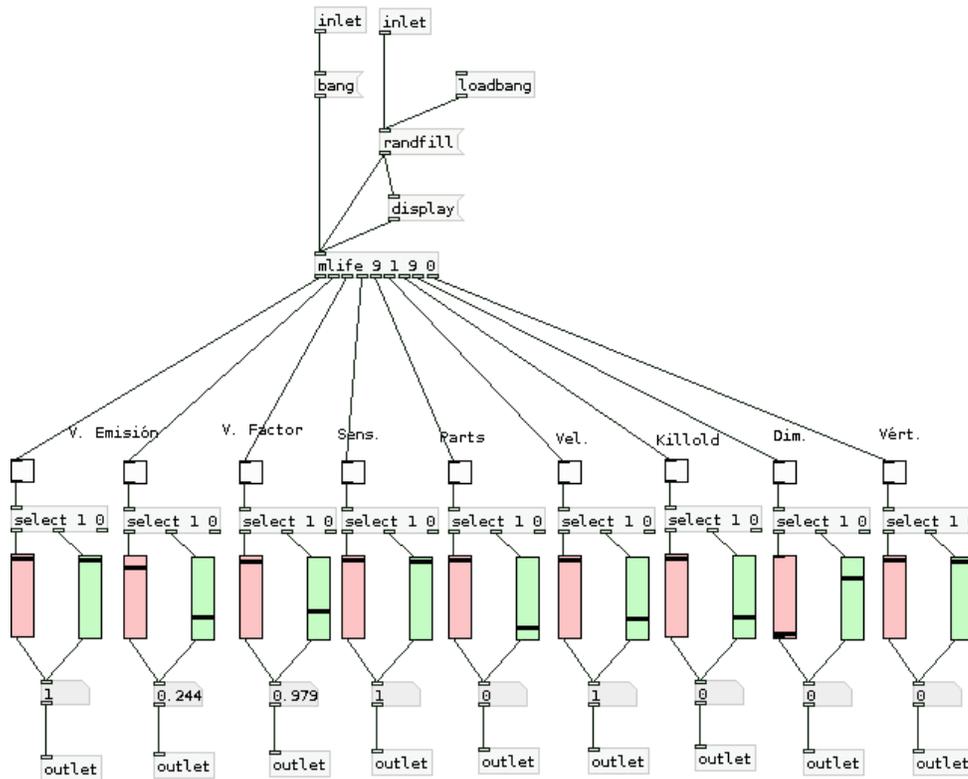


ILUSTRACIÓN 20: MÓDULO CONMUCYBORG

El módulo “*neurocyborg*” implementa una red neuronal artificial con 2 entradas, 5 neuronas ocultas y 8 salidas. La red se entrena “al vuelo”, utilizando el módulo interno “*pd train it on the fly*”.

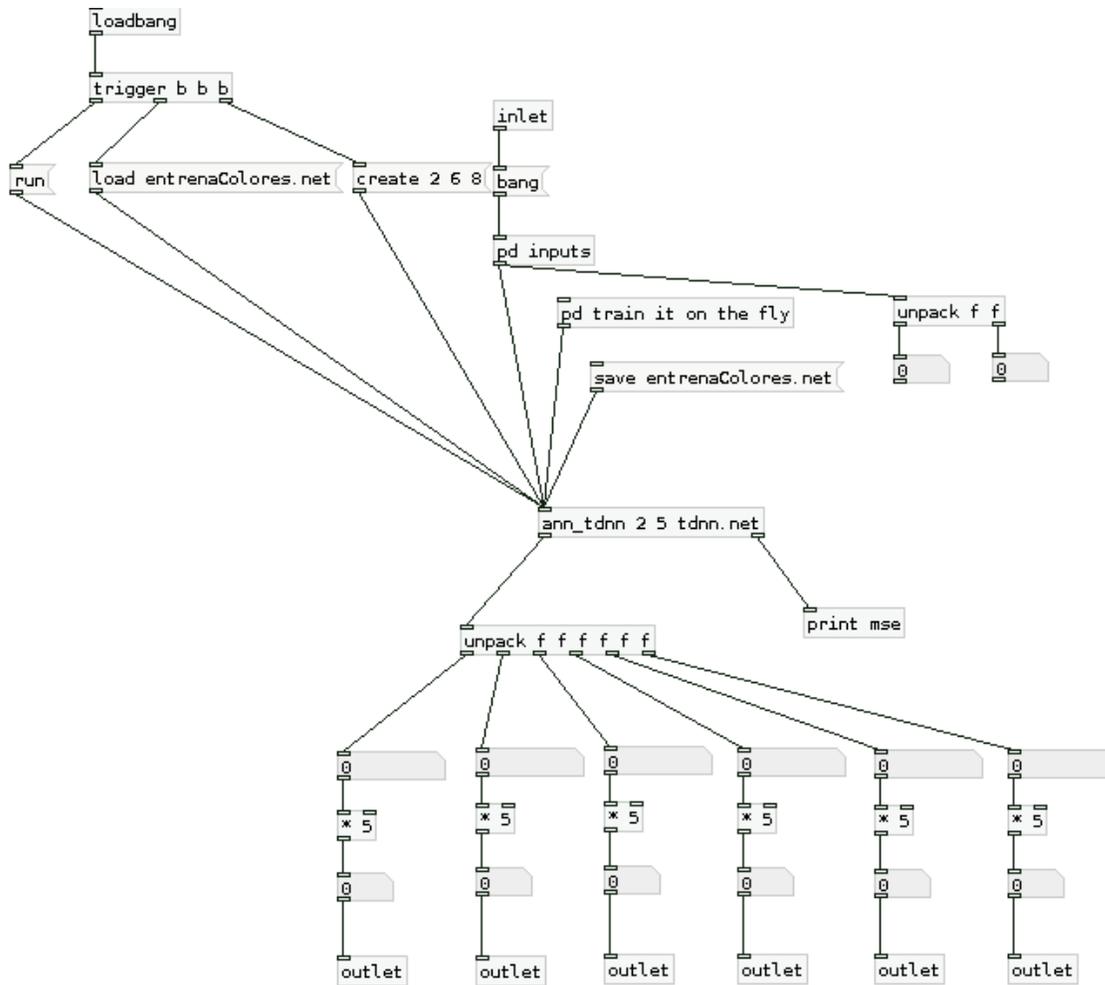


ILUSTRACIÓN 21: MODULO NEUROCYBORG

El módulo “*spherisounder*” implementa el sistema de partículas que produce las visualizaciones. Dicho sistema de partículas recibe datos generados por la interacción del audio, los datos MIDI y los parámetros generados por el autómata finito determinístico y la red neuronal artificial. Las visualizaciones se producen utilizando el objeto “*gemhead*” de Pure data.

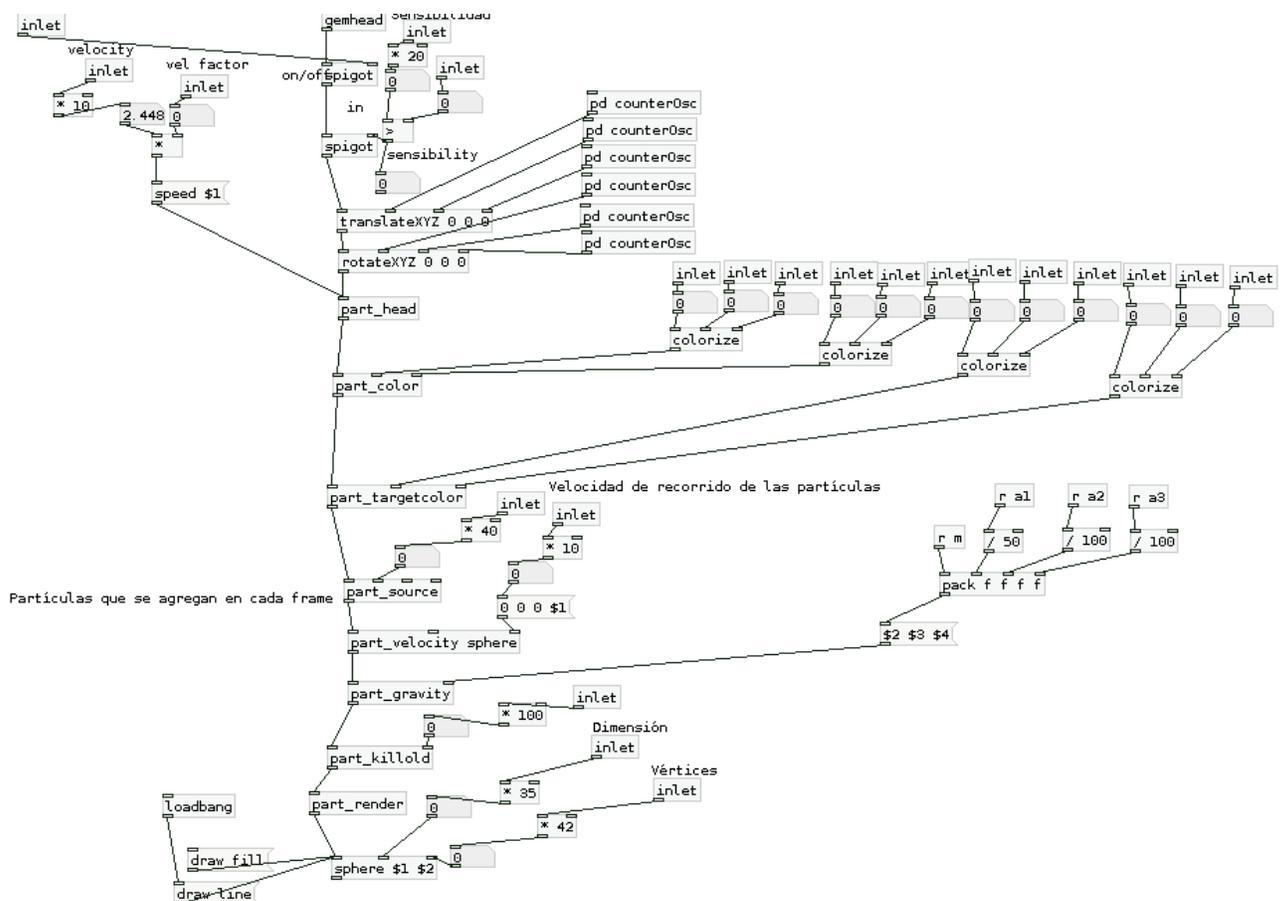


ILUSTRACIÓN 22: MODULO SPHERISOUNDER

Cabe anotar, como ya se hizo en el caso del programa *Compocyborg Musicum Darwinium*, que los parámetros que emplea *Compocyborg Luminus Tiresius* también pueden seleccionarse y encenderse o apagarse a voluntad del usuario, según sus propósitos creativos.

SONORIDADES Y UTOPIÁS DE LA ANTROPO-SEMIOSIS POSTHUMANA: UNA OBRA PARA GUITARRA Y NUEVOS MEDIOS

La obra “Sonoridades y utopías de la antro-po-semiosis post-humana” está concebida como una reflexión artística y estética acerca de la valoración del pensamiento y la creatividad humana en el contexto de la post-humanidad y de las relaciones entre el hombre con los otros hombres y con las máquinas.

De esta manera, el compositor-intérprete, extendido por la tecnología y convertido en ciborg, se vale de sus prótesis tecnológicas cuando lo requiere: al combinar las ideas generadas por la computadora, fruto de su proceso meta-creativo, al escribir la gramática, con las suyas propias y al mezclar la interpretación de la guitarra con el acompañamiento de máquina. No convierte la tecnología en una respuesta universal a sus carencias o en un instrumento de negación y trascendencia de su naturaleza, sino en una posibilidad de indagación y creación que se suma a su esencia de manera crítica y reversible: emplea su prótesis cuando quiere ser ciborg y se la quita cuando quiere volver a ser humano. Su otra piel, provista por la tecnología, se convierte en un exo-esqueleto conceptual que le posibilita ser humano, ser post-humano y ser híbrido.

El elemento estetizador de la obra se da durante el proceso de composición cuando el creador utiliza el software diseñado que emplea la inteligencia artificial para

transitar por el océano de las melodías posibles y pre-existentes y encontrar, en esta exploración, material pre-composicional.

Este material musical que se ha generado aparece cargado de un elemento de alta estetización dado por su procedencia computacional enfatizada en la utilización de un modelo bio-íspirado como la computación evolutiva. Más allá de la calidad intrínseca de las melodías generadas, su valor reside en su procedencia y en el hecho de que éstas, aunque no lo revelen, de manera explícita, son parientes en un proceso evolutivo.

Es necesario hacer énfasis en el hecho de que el compositor, a pesar de todos los procesos en los que se vale de sus prótesis tecnológicas, retorna a su esencia profundamente humana al emplear procesos compositivos tradicionales para construir la obra a partir de materiales generados usando la inteligencia artificial, combinada con su concepto estético, emotividad y experiencia compositiva, por medio de la escritura de la gramática (que constituye un proceso de meta-autoría). Al final, en el momento de la interpretación, la guitarra, construida de madera y abrazada por la piel del intérprete, se convierte en un canal de expresión, emancipación y re-edificación de la condición humana.

La guitarra es un entre-cuerpo tecnológico, (en el sentido del término planteado por Carlos Mesa, en el texto “Superficies de contacto adentro en el espacio”), no puede olvidarse que el guitarrista es otro tipo de humano extendido, sin embargo, su extensión, su segunda piel, difieren en su naturaleza de la que proveen los nuevos artefactos tecnológicos. El guitarrista es un ciborg, por así decirlo, de la “vieja guardia”.

Una vez sale de la guitarra, la música deja de ser idea abstracta para convertirse en sonido, recupera su ancestralidad y su fuerza primigenia.

El carácter dialéctico de todo este proceso de creación e interpretación, enriquece su ciclo en un elemento fundamental de la puesta en escena: la producción de visualizaciones geométricas (que emplea el software *Compocyborg Musicum Tiresius*). Allí el sonido se convierte en formas para que, una vez más, la máquina se exprese, a través de las concepciones meta-creativas del artista quien define los parámetros de un sistema de partículas que se transforma en un pequeño homenaje al sonido que se hace forma y geometría a la manera como lo concebían los pitagóricos. Luz, forma y color, son ahora nuevo sonido que, visto por el intérprete, se canaliza, una vez más, en fuente de inspiración, en esta ocasión, al servicio de la interpretación. Todo este complejo creativo e interpretativo da luz a una forma de

expresión interdisciplinaria dentro de las artes que justifica su esencia en el contexto de la maestría que da origen a este trabajo.

De esta manera, la guitarra, en el ámbito de la interpretación, se convierte en otro tipo de “entre-cuerpo” que alimenta una vez más la computadora, por medio del sonido, para producir, nuevamente, a través de técnicas computacionales, un resultado de visualización musical y una re-elaboración sonora. Es decir, una materialización plástica que proviene de una interacción en la que participan la música y la visualidad.

Así las cosas, la relación se revierte: en el primer momento la inteligencia artificial generó material para que la creatividad humana trabajara con él. En un segundo instante, la emotividad humana genera material para que la computadora lo re-cree visualmente. Se produce así una especie de espiral que tiene carácter de retorno y de avance al mismo tiempo.

En síntesis, la obra está concebida, como ya se ha enunciado, para guitarra clásica y nuevos medios. Si bien el solo enunciado de “clásica” y “nuevos medios” plantea preguntas sobre muchas de las utopías asociadas al arte tecnológico cabría preguntarse, entonces, ¿cómo puede convivir la guitarra “clásica” con el arte de los

“nuevos” medios?, pregunta que la obra deja abierta para que el espectador reflexione acerca de sus posibles respuestas.

La obra en cuestión, contiene tres movimientos que proponen un esquema de interacción entre el compositor extendido por la inteligencia artificial, el intérprete de la guitarra clásica y el camino de retorno hacia la inteligencia artificial. En cada movimiento el sonido de la guitarra será recapturado para ser re-codificado, re-creado y re-significado por la computadora y convertido, a su vez, en visualización sonora.

En el siguiente diagrama se ilustran los procesos de creación-interpretación que intervienen así como el nivel ciborgización presente en algunos de ellos que va desde el uso de la inteligencia artificial (ciborgización *hi-tech*) hasta la guitarra clásica (ciborgización *low-tech*).

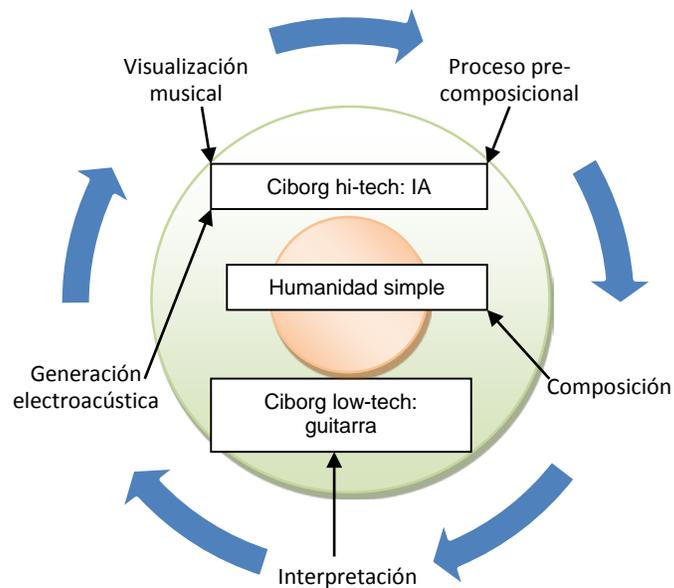


ILUSTRACIÓN 24: NIVELES DE CIBORGIZACIÓN

En otras palabras, el sonido se re-significa por medio de técnicas de visualización sonora (audio convertido en imágenes), de procesamiento digital de la señal de audio destinado a producir efectos sonoros y de generación aleatoria de sonoridades sintetizadas que constituyen el acompañamiento instrumental de la obra. El computador asume su función original, es máquina que calcula basado en los insumos producidos por un autómata finito determinístico y una red neuronal artificial que interactúa con el artista creador e intérprete.

El acompañamiento de máquina emplea parámetros asociados a la información que se produce durante la generación de la visualización sonora. Dicho acompañamiento utiliza una única técnica de síntesis: la síntesis aditiva, en forma de homenaje a las épocas de las primeras preocupaciones por la música en la que participan las computadoras. Los parámetros que alimentan las tímbricas que se generan como fruto de ese proceso, están alimentados por los datos geométricos que produjo la visualización sonora. Más allá de su resultado musical, su valor estetizante está dado por el origen dialéctico presente en la procedencia de éstos. De alguna manera, es como si las formas y las geometrías, se convirtieran en generadores de sonido y timbre.

El proceso de montaje e interacción se hace posible por medio de la creación de una red de dos computadoras, en la primera está el software que produce la visualización sonora, en la segunda, residen la Estación Digital de Audio que manipula el acompañamiento de máquina y los sintetizadores. Los parámetros se intercambian, en forma de datos de audio, MIDI y otros datos numéricos entre los distintos elementos que participan del proceso. La gran estación de audio y visualización es controlada por el intérprete, que como fruto del proceso estetizante de la obra, actúa como ciborg, haciéndola su prótesis tecnológica (por esta razón

es él quien debe actuar, solo, sin ayuda, como músico intérprete y conductor de la tecnología utilizada).

Queda un solo elemento por mencionar, el trabajo guitarrístico. Parte de la intención estética de la obra fue concebir una forma de expresión que me permitiera mostrar la visión del mundo que me aporta la guitarra y mi formación como guitarrista en un contexto mediado por lo tecnológico. La obra se construyó para que fuera guitarrística (en lo idiomático y en lo técnico). Los aportes de la inteligencia artificial debieron ser moldeados y traducidos para que expresados por medio de la guitarra adquirieran un potencial discursivo propio de este instrumento, además de convertirse en portadores de un nivel de virtuosísimo que mostrara a la guitarra como reina en su contexto tecnológico.

METODOLOGÍA DE COMPOSICIÓN

Los pasos con los que se compuso la obra “Utopías de la antro-po-semiosis post-humana” fueron los siguientes:

1. Declaración de principios creativos (narración descriptiva de la obra. Ver apartado anterior).
2. Creación del plan formal de la obra.
3. Generación de material pre-composicional.
 - a. Definición de una gramática, unos parámetros de evolución y unos parámetros de función de ajuste, acordes con las necesidades conceptuales de la obra.
 - b. Generación de melodías utilizando el software Compocyborg Antroposemios.
 - c. Selección de las melodías generadas que serán utilizadas para la composición.
 - d. Procesado previo de las melodías (generación de melodías invertidas y especulares y de bloques sonoros construidos a partir del material melódico).
 - e. Composición detallada de la obra.

- f. Producción del material sonoro pre-grabado (pre-generado o sus parámetros de generación).
- g. Diseño de la visualización musical.

MEMORIA DE CREACIÓN DE LA OBRA

PLAN FORMAL DE LA OBRA

Gramática

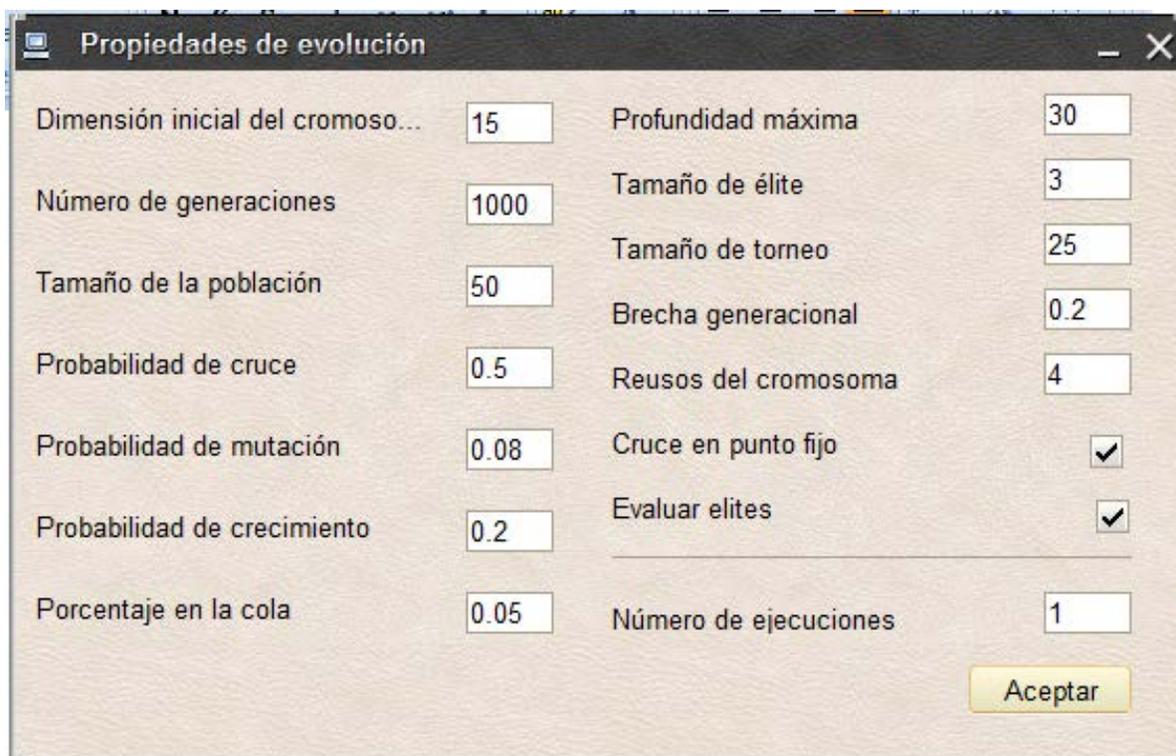
La siguiente gramática utiliza escalas y series de valores rítmicos que se generaron utilizando un procedimiento basado en la serie de Fibonacci y números aleatorios.

```
# melodias
<nota>
 ::= <escala1><duracion1><nota> |
 <escala2><duracion1><nota> |
 <escala3><duracion1><nota> |
 <escala1><duracion2><nota> |
 <escala2><duracion2><nota> |
 <escala3><duracion2><nota> |
 <escala1><duracion3><nota> |
 <escala2><duracion3><nota> |
 <escala3><duracion3><nota>
 <escala1> ::= D | A# | B | R
 <escala2> ::= E | C# | B | D# | G | R
 <escala3> ::= G | A# | F | E | B | G# | B | G# | R
 <duracion1> ::= h | i | q
 <duracion2> ::= t | h | q
 <duracion3> ::= t | h | i | q
```

ILUSTRACIÓN 25: GRAMÁTICA UTILIZADA PARA GENERAR LAS MELODÍAS

PARÁMETROS EVOLUTIVOS

Las siguientes propiedades se utilizaron para la configuración del algoritmo evolutivo:



The image shows a dialog box titled "Propiedades de evolución" with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains two columns of parameters, each with a text label and a corresponding input field. The parameters are:

Parameter	Value	Parameter	Value
Dimensión inicial del cromoso...	15	Profundidad máxima	30
Número de generaciones	1000	Tamaño de élite	3
Tamaño de la población	50	Tamaño de torneo	25
Probabilidad de cruce	0.5	Brecha generacional	0.2
Probabilidad de mutación	0.08	Reusos del cromosoma	4
Probabilidad de crecimiento	0.2	Cruce en punto fijo	<input checked="" type="checkbox"/>
Porcentaje en la cola	0.05	Evaluar elites	<input checked="" type="checkbox"/>
		Número de ejecuciones	1

At the bottom right of the dialog is a yellow button labeled "Aceptar".

ILUSTRACIÓN 26: PARÁMETROS EVOLUTIVOS EMPLEADOS

FUNCIÓN DE AJUSTE

Los siguientes valores corresponden a la configuración de la función de ajuste elegida. Como puede observarse en el gráfico, de los parámetros que ofrece el software, sólo le fue concedido peso a algunos de ellos (para los parámetros no empleados la escala está posicionada en la mitad de su recorrido).

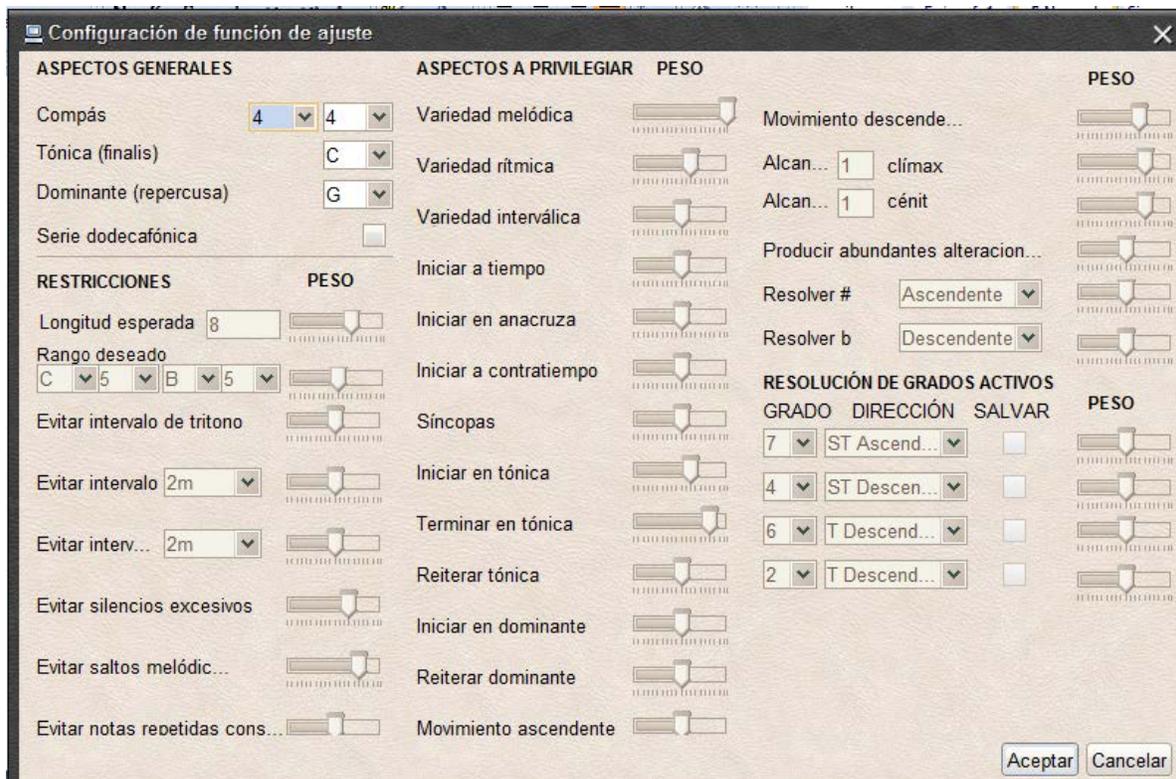


ILUSTRACIÓN 27: CONFIGURACIÓN DE LA FUNCIÓN DE AJUSTE

ESTADÍSTICAS DE LA EJECUCIÓN DEL ALGORITMO EVOLUTIVO

En la siguiente gráfica se puede apreciar la evolución de la función de ajuste del algoritmo evolutivo. Como puede observarse hay un comportamiento cíclico que, si se tratara de una aplicación de la computación evolutiva por fuera de los contextos creativos planteados para esta obra, sería completamente indeseable, sin embargo, como una de las cosas que se anhela subvertir en la propuesta del software-arte, es el empleo de la computación evolutiva para hacer búsquedas guiadas que no correspondan a optimización, es el comportamiento deseado.

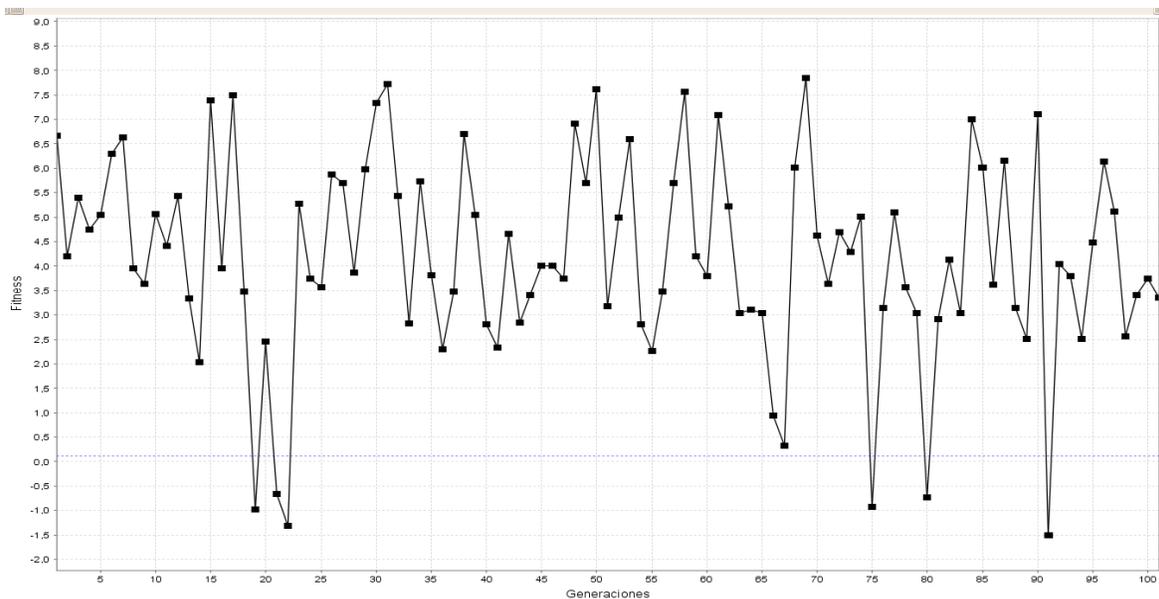


ILUSTRACIÓN 28: ESTADÍSTICAS DE EJECUCIÓN DEL ALGORITMO EVOLUTIVO

MELODÍAS SELECCIONADAS (CON INVERSIONES Y VERSIONES ESPECULARES)

Las melodías seleccionadas corresponden a una elección aleatoria entre los mejores individuos de cada una de las 1000 generaciones que produjo el software mediante el algoritmo evolutivo. A continuación se transcriben las siete melodías generadas por el software en las cuales se basó la obra, así como sus correspondientes versiones retrógrada, en espejo y retrógrada del espejo de cada una. Aunque el tratamiento no es estrictamente serial, se utilizaron algunos recursos de esta técnica para la composición.

① Original



Retrógrada



Espejo



Espejo-retrógrada



②

6

6

6

③

14

14

14

4

Musical score for system 4, measures 22-25. It consists of four staves. The first staff begins with a treble clef and a key signature of one sharp (F#). The music features a mix of eighth and quarter notes, with some rests. The second and third staves also begin with a treble clef and a key signature of one sharp. The fourth staff begins with a treble clef and a key signature of one sharp. The system concludes with a double bar line.

5

Musical score for system 5, measures 26-29. It consists of four staves. The first staff begins with a treble clef and a key signature of one sharp. The music features a mix of eighth and quarter notes, with some rests. The second, third, and fourth staves also begin with a treble clef and a key signature of one sharp. The system concludes with a double bar line.

6

Musical score for exercise 6, consisting of four staves of music. The first staff begins with a circled number 6. The second, third, and fourth staves each begin with a circled number 32. The music is written in treble clef with a key signature of one sharp (F#) and a common time signature (C). The notation includes various rhythmic values such as quarter notes, eighth notes, and sixteenth notes, along with rests and accidentals.

7

Musical score for exercise 7, consisting of four staves of music. The first staff begins with a circled number 7. The second, third, and fourth staves each begin with a circled number 37. The music is written in treble clef with a key signature of one sharp (F#) and a common time signature (C). The notation includes various rhythmic values such as quarter notes, eighth notes, and sixteenth notes, along with rests and accidentals.

Sonoridades y utopías de la Antropo-semiosis Post-humana

Para guitarra, sintetizadores y visualizaciones sonoras

Fernando Mora Ángel

I

Guitarra

A **Allegro**
Sempre energico

Guitarra

Sintetizador 1

Sintetizador 2

Sintetizador 3

Sintetizador 4

I. Gen. 832, Best Fitness

B I. Gen. 832, Best Fitness

Gr.

S. 1

S. 2

S. 3

S. 4

5

C

Gtr. S. 1 S. 2 S. 3 S. 4

D 11. Gen. 3

Gtr. S. 1 S. 2 S. 3 S. 4

Detailed description of the musical score: The score is divided into two sections, C and D. Section C (measures 1-14) features a guitar (Gtr.) and four string parts (S. 1-4). S. 1 and S. 2 have melodic lines with dynamics ranging from *f* to *mp*. S. 3 has a rhythmic pattern starting at *mf* and reaching *f*. S. 4 provides a low-frequency accompaniment starting at *p*. Section D (measures 15-20) is marked '11. Gen. 3'. The guitar part features complex rhythmic patterns with triplets and fingerings (e.g., 0 2 3 1 3, 0 3 2). Dynamics are *f* and *mp*. S. 1 and S. 2 have melodic lines with dynamics *f*, *fz*, *mp*, and *p*. S. 3 and S. 4 provide accompaniment with dynamics *mp* and *p*.

Musical score for measures 30-32. The score is arranged in five systems, each with a grand staff (treble and bass clefs). The instruments are labeled on the left: Gtr. (Guitar), S. 1, S. 2, S. 3, and S. 4. The music features complex rhythmic patterns and dynamic markings such as *mp* (mezzo-piano), *p* (piano), and *f* (forte). The key signature changes from one sharp (F#) to two flats (Bb, Eb) between measures 31 and 32.

Musical score for measures 33-35. The score continues with five systems for Gtr., S. 1, S. 2, S. 3, and S. 4. Measure 33 is marked with a rehearsal sign and the text "II. Gen. 3". The music is characterized by dense textures, particularly in the lower staves (S. 2 and S. 4), and includes dynamic markings like *f* and *mp*. The key signature remains two flats.

45

Gtr.

III. Gen 5, retrógrado

ff

S. 1

IV. Gen 21

S. 2

S. 3

S. 4

50

Gtr.

ff

S. 1

ff

S. 2

S. 3

S. 4

ff

Musical score for measures 53-55. The score includes parts for Guitar (Gtr.), Synthesizer 1 (S. 1), Synthesizer 2 (S. 2), Synthesizer 3 (S. 3), and Synthesizer 4 (S. 4). Measure 53 features a guitar solo with a circled 'G' and a circled '4'. Synthesizers 1, 2, 3, and 4 play complex, multi-layered textures. Dynamics include *mf* and *ff*. A box labeled 'IV. Gen 21' is present in measure 54.

Musical score for measures 56-58. The score includes parts for Guitar (Gtr.), Synthesizer 1 (S. 1), Synthesizer 2 (S. 2), Synthesizer 3 (S. 3), and Synthesizer 4 (S. 4). Measure 56 features a guitar solo with various fingering numbers (4, 3, 2, 4, 2, 0) and circled numbers (4, 3, 2, 4, 2). Synthesizers 1, 2, 3, and 4 play complex, multi-layered textures. Dynamics include *p* and *mf*. A box labeled 'IV. Gen 21' is present in measure 57.

Musical score for measures 73-82. The score is arranged for five staves: Gtr., S. 1, S. 2, S. 3, and S. 4. The Gtr. part starts at measure 73 with a *ff* dynamic. The piano accompaniment (S. 1-4) also begins at measure 73. At measure 80, the Gtr. part has a rehearsal mark 'H' and a fermata. The piano accompaniment has dynamics of *mp* and *p*. The text 'I. Gen. 832, Best Fitness' is written above the piano part at measure 80.

Musical score for measures 77-82. The score is arranged for five staves: Gtr., S. 1, S. 2, S. 3, and S. 4. The Gtr. part starts at measure 77 with a rehearsal mark 'C' and a fermata. The piano accompaniment (S. 1-4) also begins at measure 77. The Gtr. part has dynamics of *mp* and *p*. The piano accompaniment has dynamics of *mp* and *p*. The text 'I. Gen. 832, Best Fitness' is written above the piano part at measure 80. Fingerings '3 4 2' are indicated above the Gtr. part at measure 78.

80 C II. Gen. 3, espejo de retrógrado

Gtr.

S. 1

S. 2

S. 3 I. Gen. 832, Best Fitness

S. 4 *ppp*

83

Gtr.

S. 1

S. 2

S. 3

S. 4

Musical score for measures 85-86. The score is arranged in five systems: Gtr., S. 1, S. 2, S. 3, and S. 4. Measure 85 includes a guitar part with a natural harmonic (0) and a piano part with the instruction "I. Gen. 832, Best Fitness". Measure 86 continues the musical development across all instruments.

Musical score for measures 87-90. The score is arranged in five systems: Gtr., S. 1, S. 2, S. 3, and S. 4. Measure 87 begins with a guitar part. Measures 88-90 feature a complex texture with multiple layers of sound, including a guitar part with a circled 4 and circled 6, and piano parts with dynamic markings such as *f*, *ff*, and *ff*.

II

I Adagio $\text{♩} = 40$
V. Gen 144

Gtr. *mf* *Molto cantabile, douce e vibrato sempre sul tastiera*

S. 1 *p*

S. 2 *mf*

S. 3 *mf*

S. 4 *p*

II. Gen. 3

J

The musical score is divided into two systems. The first system (measures 16-19) features a guitar part with fingerings (2, 2, 2, 1, 3, 1, 2, 3, 4) and a 'J' box above. It includes four string parts (S.1-S.4) with dynamics *mf* and *p*. A 'V. Gen 144' annotation is present above the second string part. The second system (measures 21-24) features a guitar part with a complex rhythmic pattern (marked 19) and four string parts (S.2-S.4) with dynamics *p*.

III

K Presto
Legiero e maquinico

Gtr.

S. 1

S. 2

S. 3

S. 4

Gtr.

S. 1

S. 2

S. 3

S. 4

The musical score is arranged in systems. The first system includes a guitar part (Gtr.) and string parts S.1, S.2, S.3, and S.4. The guitar part begins with a measure marked 'L' and contains notes with fingerings 0, 3, 4, and 4. A 'sul ponticello' instruction is placed below the guitar staff. The string parts S.1 and S.4 have a dynamic marking of *f*. The string parts S.2 and S.3 have dynamic markings of *f* and *mf* respectively. The second system continues the guitar part with a series of eighth-note patterns. The string parts S.1 and S.4 continue with sustained chords. The third system shows the guitar part continuing with similar eighth-note patterns, while the string parts S.1 and S.4 maintain their sustained chords.

23

Gtr. *mf*

S. 1 *mf*

S. 2

S. 3

S. 4

28

Gtr. *mf* *f* *f*

S. 1 *mf* *f*

S. 2

S. 3

S. 4

I. Gen. 832, Best Fitness

COMPOCYBORG ANTROPOSEMIOS: RE-SIGNIFICACIÓN DEL HUMANISMO A TRAVÉS DE LA COMPOSICIÓN MUSICAL CON TÉCNICAS BIO-INSPIRADAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL, FERNANDO MORA ÁNGEL, PÁGINA 265

Musical score for measures 32-36. The score is arranged in five systems, each with a grand staff (treble and bass clefs). The instruments are labeled Gtr., S. 1, S. 2, S. 3, and S. 4. The Gtr. part features a melodic line with dynamic markings *mp* and *f*. The string parts (S. 1-4) provide harmonic support with various rhythmic patterns and dynamics including *mp* and *f*. Measure 32 includes a 'V' marking above the Gtr. staff.

Musical score for measures 37-41. The score continues with five systems for Gtr., S. 1, S. 2, S. 3, and S. 4. The Gtr. part has a melodic line with a circled 'N' above measure 37 and dynamic markings *f*. The string parts (S. 1-4) continue with complex rhythmic textures and dynamics including *f*, *mp*, and *f*. Measure 37 includes fingering numbers (3, 4, 1) and a circled 'N' above the Gtr. staff.

42

Gtr. *f*

S. 1

S. 2

S. 3

S. 4

46

Gtr. Solo (a modo de cadenza) *mf*

S. 1

S. 2

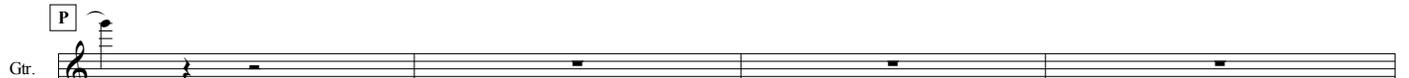
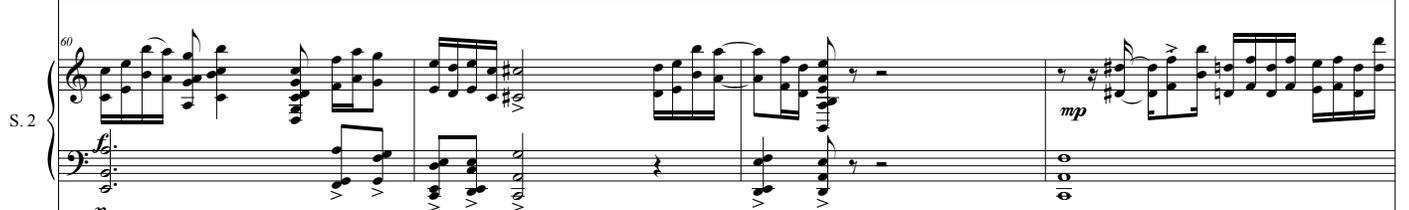
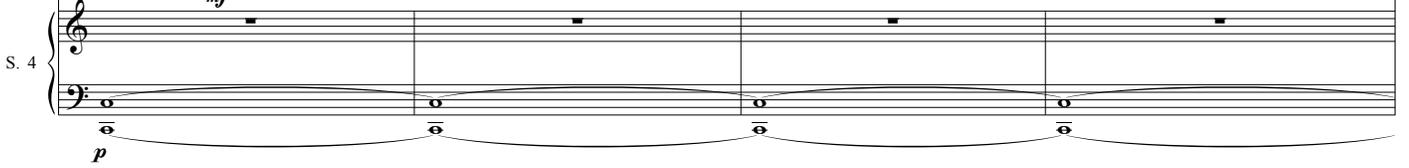
S. 3

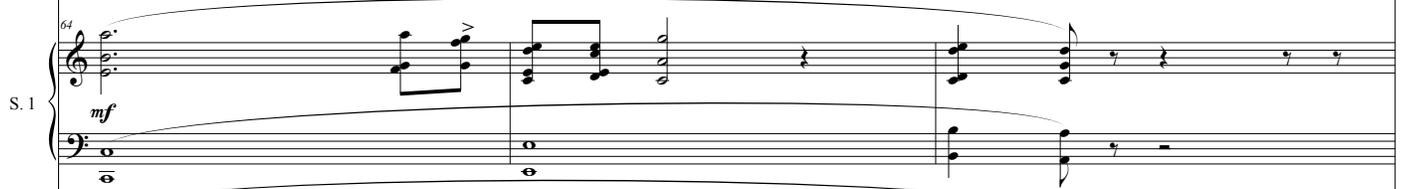
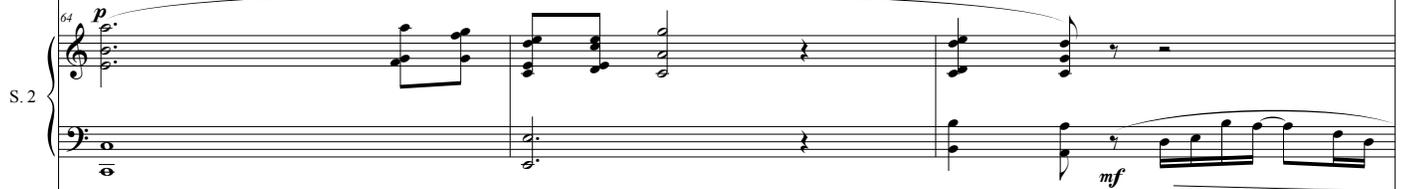
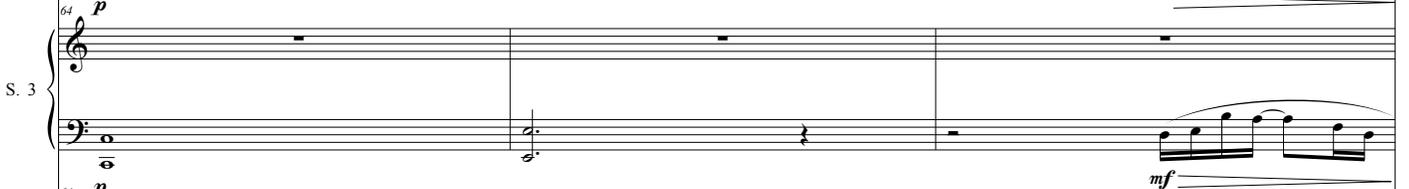
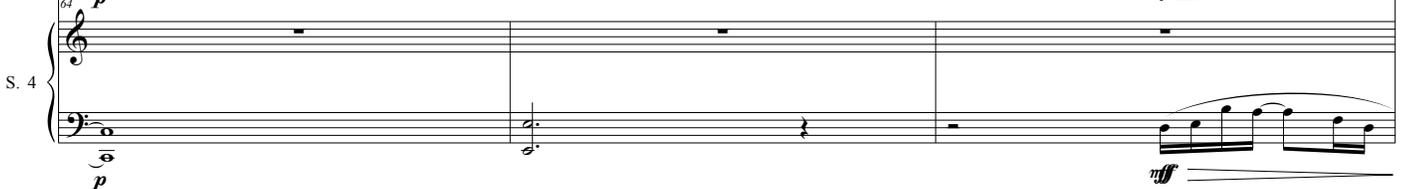
S. 4

50

Gtr.

Gr. 

Gr. 
S. 1 
S. 2 
S. 3 
S. 4 

Gr. 
S. 1 
S. 2 
S. 3 
S. 4 

The image displays a musical score for a guitar and four string quartets (S.1, S.2, S.3, S.4), beginning at measure 67. The guitar part (Gtr.) is written in a single staff with a treble clef and a key signature of one sharp (F#). It starts with a mezzo-piano (*mp*) dynamic and features a melodic line with various articulations, including accents and slurs. The string quartets (S.1-S.4) are arranged in four systems, each with a grand staff (treble and bass clefs). S.1 and S.2 begin with piano (*p*) dynamics, while S.3 and S.4 begin with piano (*p*) dynamics. The score shows a dynamic progression from piano to forte (*f*) and then fortissimo (*ff*). The music is characterized by complex textures, including dense chordal structures and intricate rhythmic patterns. The notation includes various musical symbols such as accents, slurs, and dynamic markings.

CONCLUSIONES

Una vez finalizado este trabajo y realizada la respectiva puesta en escena se plantean las concernientes conclusiones. A fin de hacer más amigable para el lector este capítulo, éstas han sido organizadas en las siguientes grandes categorías: Antecedentes y estado del arte, Metodología, Cumplimiento de los objetivos y desarrollo de los productos; Reflexiones en torno a la interdisciplinariedad, el software, el arte y la creación; Puesta en escena, y Perspectivas de desarrollo para trabajos ulteriores.

ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

1. El hombre ha intentado en múltiples ocasiones que las máquinas participen de la creación artística, la clásica pregunta de Turing alrededor de esta intención podría reformularse como la duda por la posibilidad de que las máquinas se hagan pasar por creadores humanos. Indudablemente, en un contexto específico, este engaño podría materializarse. Sin embargo, la vigencia de esta clásica pregunta de la década de los cincuenta ya no es tan relevante en nuestros tiempos, lo es más el pensar de qué manera las máquinas pueden extender las facultades creativas brindando nuevas oportunidades susceptibles de convertirse en nuevas derivas de producción artística.
2. Cuando se trata de imitar las composiciones humanas las capacidades de la inteligencia artificial parecen bastante limitadas, a pesar de que trabajos como el de Cope (2004) nos demuestran que existen grandes posibilidades en ese sentido. Sin embargo, considero que el gran potencial de la inteligencia artificial en la creación artística no es el de imitar a los humanos. Más bien, podría ser el de hacernos escuchar estructuras sonoras nuevas, diferentes, cargadas de una nueva frescura (incluso inocencia) que pudieran aprovecharse bien por su interés renovado o por su potenciales estetizantes.

3. Queda bastante terreno por rastrear en el ámbito de las relaciones entre las matemáticas y la música, muchos compositores lo han hecho, sin embargo, la trayectoria creativa de cada uno tendrá la rúbrica de su personalidad artística y en ella, su posible legitimidad. Los aportes de compositores como Babbitt y Xenakis abrieron puertas que aún hoy tiene sentido transitar, no sólo desde las miradas matemáticas que estos creadores nos señalaron, sino desde otras posibles vertientes del pensamiento formal que, además de ser tentadoras y de haber sido recorridas por muchos artistas vigentes, constituyen otra ruta digna de ser transitada.
4. Más allá de los entusiasmos iniciales y de las decepciones que muchos han tenido con el arte generado por máquinas de cómputo, puede ser interesante re-visitarse las preguntas y las búsquedas creativas de esos momentos en los que se acuñaron tales inquietudes, desde la óptica de nuestros días, impregnados por una mayor capacidad tecnológica y por una competencia teórica y filosófica más robusta que ha evolucionado desde el momento que esas preguntas nacieron en su formulación original.
5. En el estado del arte se mencionan obras electroacústicas importantes y se hace énfasis en algunas de las más relacionadas con tratamientos algorítmicos específicos y con composiciones conexas con la música electroacústica en

América latina. No obstante, el proceso no apuntaba exclusivamente hacia un estudio de las músicas asistidas por computador sino al desarrollo de una propuesta de creación a partir de dichos recursos. De todos modos, concluyo que habría sido muy útil rastrear, escuchar y analizar otras obras que me habrían permitido un *corpus* más extenso para basar mi trabajo. Esta también será una tarea que deberé emprender en el corto plazo.

6. Los diversos métodos para generar música han sido explorados, por los investigadores y artistas referidos en el estado del arte de este trabajo, desde una perspectiva que busca hacer que las máquinas propongan ideas musicales y las ejecuten. En esta propuesta se buscó otra óptica desde la cual se pretendía que la máquina fuera co-participe de los procesos de la creación y la interpretación. Ese es el aporte principal de esta labor y podría constituir una base sólida para ulteriores desarrollos míos y de otros.
7. Pese a que el estado del arte se centra en las metodologías de la música algorítmica y menciona sólo unas pocas obras, habría sido interesante, construir otro en relación con el asunto de las obras producidas respecto a cada técnica. Cabe anotar que ésta constituiría una tarea titánica que habría desbordado las posibilidades de este escrito y será menester hacerlo en otro momento.

8. En el estado del arte de este trabajo se hace un recorrido inclusivo, en la medida de lo posible, de las técnicas y metodologías que han sido utilizadas para generar música por computador. Éste tuvo como propósito establecer un contexto general dentro del cual inscribir el paradigma empleado (la evolución gramatical). Aunque mencionar tantas posturas pudiera resultar agobiante para el lector e incluso para mí, era menester hacerlo a fin de que el contexto reseñado me sirviera como marco para situar el aporte de mi trabajo y para buscar otros lugares de indagación para procesos ulteriores.
9. América Latina y Colombia han tenido un importante liderazgo en la creación de música algorítmica lo que puede traducirse en oportunidades para seguir planteando este tipo de trabajos.

METODOLOGÍA

1. En el decurso de este trabajo fue posible seguir una metodología que permitió la apropiación y la integración de las disciplinas y los productos propuestos. Cada uno de ellos se pudo realizar y su funcionalidad fue demostrada en el contexto de las intenciones propuestas.
2. La elección de la **Evolución gramatical** como método para generar melodías fue adecuada para los propósitos establecidos en tanto permitió una conexión con un factor estetizante definido en los principios creativos. Sin embargo, es interesante resaltar que otros métodos podrían arrojar melodías más aprovechables musicalmente y, sería fruto de un posible trabajo ulterior, explorar y explotar esos métodos.

CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS Y DESARROLLO DE LOS PRODUCTOS

1. En grandes líneas, este trabajo se propuso: “explorar la composición musical asistida por ordenador, mediante la técnica de la **Evolución gramatical**, y producir una obra para guitarra y acompañamiento de máquina así como desarrollar el software necesario para lograrlo y plantear diversas reflexiones poéticas, estéticas y filosóficas en torno a los procesos implicados”. No obstante, como ya se aclaró, el objetivo real fue mucho más amplio y complejo en tanto involucraba otros aspectos fundamentales como lo referente a la producción y reflexión sobre el software-arte. En términos generales, estos objetivos se cumplieron, en gran medida, arrojando los productos que el trabajo proponía. No obstante, quedan interrogantes que serán abordados posteriormente y constituirán, el motor de nuevas exploraciones.
2. La construcción de este texto que pretendía, entre otras cosas ya dichas, ser una poética de todo el proceso creativo, logró este propósito en gran medida. Fue posible poner en orden argumentos, posturas estéticas, conceptos filosóficos, factores estetizantes y construir, a partir de todo eso, un conjunto de declaraciones creativas que, además de su carácter implícito de manifiesto artístico, me permitirán seguir ordenando mis concepciones estéticas en torno a mi propia producción intelectual, musical y artística.

3. Se compuso una obra para guitarra con acompañamiento de máquina que permitió la utilización de materiales pre-composicionales generados algorítmicamente y la búsqueda de posibilidades para hacerlos guitarrísticos. El ejercicio de composición fue interesante en tanto me permitió la experimentación con técnicas que antes había empleado de manera aislada pero que nunca había combinado. Tales como, la composición para guitarra, la música electroacústica, la música algorítmica y el uso de sintetizadores. El ejercicio fue productivo y me generó nuevas inquietudes que seguiré desarrollando en mi trabajo compositivo.
4. El reto de componer a partir de unas melodías generadas computacionalmente, cuyo interés musical intrínseco podría ser discutible, además del factor estetizante que les dio origen, constituyó un interés para mí desde la perspectiva compositiva pues debí procurar que el interés musical creciera en el contexto de la obra. Juzgar si eso se logró o no, será tarea del público.
5. La dosificación de los parámetros empleados para generar música de manera algorítmica y el mapeo de éstos hacia los distintos elementos musicales es una tarea compleja que exige experiencia, madurez y claridad conceptual. El software que desarrollé tiene la posibilidad de utilizar un número variable de parámetros y la gramática permite una inusitada cantidad de posibilidades. En

este trabajo elegí los elementos que consideré convenientes de acuerdo con los resultados experimentales que fui obteniendo. Sin embargo, es menester reconocer que es necesario alcanzar una mayor experiencia en esos procesos de selección de parámetros y mapeo a fin de lograr mayor claridad en mis trabajos futuros. En esta obra, es posible que el total de parámetros elegidos se convirtiera en un distractor del trabajo compositivo, una experiencia que debo capitalizar para el futuro.

6. Cuando se privilegian los factores estetizantes sobre los musicales, la búsqueda de la belleza cede su paso a la búsqueda del concepto y se produce una desartistización de la obra. Es claro que el interés de una obra no puede ser lo estricta y escasamente filosófico por lo que se hace necesario construir algún tipo de equilibrio entre lo estetizante y lo musical. Lograr ese equilibrio no es fácil. Sin embargo, la obra realizada constituyó un intento en ese sentido que deberá retomarse en trabajos posteriores a fin de construir una mayor madurez compositiva y estética.
7. Componer una obra para guitarra y sintetizadores con ejecución automatizada plantea nuevos intereses desde la perspectiva de la sonoridad y de la interpretación. En ese sentido, considero que se logró una sonoridad equilibrada,

hasta cierto punto, y para mí, interesante. Tiene sentido seguir explorando ese tipo de propuestas en mis trabajos ulteriores.

8. Como se mencionó en el capítulo correspondiente, la elección de los sonidos y de la técnica de síntesis empleada surgió de un afán por recordar los momentos históricos que el trabajo estaba re-visitando (la época en donde nacieron muchas de las tecnologías retomadas en este ejercicio creativo) y de utilizar como fuente para el control de los sintetizadores los mismos algoritmos computacionales que empleé para generar las visualizaciones geométricas. Así entonces, la parametrización de estos sonidos fue un fruto dialéctico producido por el algoritmo del cual emanaban las visualizaciones. Desde el aspecto estetizante, el propósito se logró a cabalidad. Sin embargo, es posible que el resultado sonoro sufriera las consecuencias de esa elección al sacrificar gran parte del equilibrio sonoro y de la homogeneidad de la obra. Al respecto me queda la intención de emprender búsquedas nuevas que me permitan encontrar formas de controlar los sintetizadores con los algoritmos que empleo para producir material visual quizás utilizando otras técnicas de síntesis (esto genera un nuevo campo de trabajo para mis futuras investigaciones).
9. Durante el curso del trabajo desarrollé un software para utilizar la **Evolución gramatical** para generar melodías. Fue un ejercicio productivo que me permitió

apropiar mejor este paradigma. Quedan muchas inquietudes respecto a la utilidad de esta metodología para la generación de música y será necesario seguir las estudiando por medio del desarrollo ulterior de este mismo software y de la escritura de nuevas gramáticas para el mismo.

10. Se desarrolló un segundo paquete de software para generar visualizaciones geométricas a partir de eventos de audio y MIDI y utilizar las ecuaciones de estas formas geométricas para generar parámetros para controlar sintetizadores. Esta tarea fue sumamente interesante y me permitió investigar acerca de diversos conceptos y técnicas. No obstante, será necesario adquirir una mayor madurez al respecto para seguir desarrollando este software.

REFLEXIONES EN TORNO A LA INTERDISCIPLINARIEDAD, EL SOFTWARE, EL ARTE Y LA CREACIÓN

1. El trabajo que explora las relaciones entre arte, música, ciencia y tecnología es amplio y permite diversos tipos de recorridos y umbrales entre los diferentes espacios disciplinares. Si bien en este ejercicio se intentó delimitar algunos umbrales entre la música y la tecnología, que se expresaron en el capítulo correspondiente a la forma como funcionaba lo interdisciplinar en el proceso creativo, desde la presencia de los diversos objetos de estudio, paradigmas y modelos de circulación de cada una de las epistemes presentes, es deseable seguir construyendo nuevas formas de delimitación epistemológica que faciliten la conceptualización estética y artística y que alimenten la labor creativa.
2. Si bien la definición de umbrales entre las disciplinas puede ser deseable en la mayoría de los contextos y, de hecho, en éste trató de hacerse así. Es importante decir que uno de los propósitos de mi apuesta creativa era generar preguntas en el público sobre esa delimitación y mostrar cómo esas fronteras entre arte, ciencia y tecnología, así como aquellas que se vislumbran entre lo humano y lo post-humano, se hacen vagas y escurridizas ante cualquier esfuerzo cartográfico. Sin perjuicio de lo dicho, es importante reconocer que el esfuerzo principal del trabajo debe enfocarse en lo artístico y, desde esa óptica, es

necesario tratar de saldar ciertos límites, a fin de que no estropeen la claridad del proceso compositivo.

3. En el contexto de la creación musical, lo sonoro debe reinar. Pese a que se utilicen tecnologías y toda una suerte de factores estetizantes de diversa naturaleza, es importante recordar siempre que es difícil que una obra sea valorada estéticamente como el resultado de una aplicación tecnológica. Para el público la música es música y el resultado sonoro es el único que puede hacer que la obra sea acogida y valorada.
4. En la bibliografía que se ha reseñado en este trabajo se evidencia un afán de los autores en referencia por evaluar la capacidad que los diversos paradigmas matemáticos y computacionales tienen para generar música similar a la que hacen los humanos. Pareciera como si la comunidad científica se hubiera atascado en la pregunta de Turing. Si bien las preguntas que se plantean estos investigadores son dueñas de una absoluta pertinencia, principalmente, en lo que toca al desarrollo de las ciencias de la computación y a la comprensión de los procesos cognitivos, es interesante señalar que podrían existir otras derivas investigativas y creativas que evaluaran estos métodos desde su potencialidad para combinar los materiales sonoros de formas nunca antes vistas, más allá de las clásicas preguntas de la música como disciplina y su tradición creativa.

5. La creación es un atributo exclusivamente humano y más aún, un factor que, supuestamente, nos diferencia de otras creaturas y nos acerca a la divinidad. Cuando el ser humano pretende entregarle a las máquinas parte del trabajo creativo se generan espacios de meta-autoría y de creación en varios niveles de abstracción, esos contextos podrían forjar la ilusión de que la máquina es creadora. Sin embargo, detrás de todo proceso creativo, siempre estará el ser humano.
6. La relación que los hombres están estableciendo con las máquinas en la actualidad extiende la humanidad de éstos de diversas maneras esbozando y acotando nuevos confines y límites. Trazarse, desde el arte, posibles formas de interrogar estas relaciones podría convertirse en un fecundo terreno para la búsqueda de la “verdad estética” y para la producción de diversas obras artísticas.
7. La composición algorítmica puede ser vista desde la perspectiva de otro aditamento de ciberborgización: una forma de extender la acción creadora a través de distintos niveles de abstracción y meta-autoría; de gramaticalizar, simbolizar y modelar el conocimiento compositivo (en la medida en que esto es posible) para sacarlo de la mente del creador y extenderlo hacia afuera en una

suerte de prótesis que permite nuevas dinámicas de interacción entre los diversos momentos creativos y los actores del proceso artístico. Esta prótesis limita y extiende al mismo tiempo, de manera parecida a lo que puede hacer cualquier prótesis. Por ejemplo, un bastón, es más fuerte que la pierna y al mismo tiempo menos flexible y en eso residen: su capacidad para aportar nuevos recursos y sus limitaciones.

8. Si bien el arte se instaura en la vida del hombre como una sobre-determinación de la técnica. Lograr esta sobre-determinación no puede ser un propósito explícito y directo del artista. Ella debería emerger como fruto de la sinceridad que el creador ostenta en su producción. Ese factor “mágico” que hace que la técnica sea trascendida no es distinto en el caso de la música algorítmica o del software-arte, al de otras formas creativas: su naturaleza es inaprehensible y su ser, en el caso de darse, emerge, como fruto de la “verdad estética y filosófica” presente en la factura de la obra. El artista funge como un alquimista que, más allá del oro, persigue la trascendencia de su ser hacia la verdad. La validación del brillo de ese áureo producto está más allá de las reflexiones del artista y le corresponde a los habitantes del complejo “mundo del arte” (denominado por Arthur Danto, la institucionalidad artística).

9. La validez y la legitimidad artística de la música (y el arte) generado por computador (o con la participación de cualquier tipo de máquinas de cómputo) no reside en la obra en sí, sino en otros factores más bien extrínsecos, relacionados con la sobre-determinación de la técnica y la posible “verdad estética” que habita en la mente del artista que, sin importar los procesos de meta-autoría presentes, está detrás de la obra. La capacidad de asignar un sentido a la obra y de darle vida en el contexto del mundo del arte reside en los actores que le son propios a ese entorno, en especial, al artista, el público y la crítica.
10. Acerca de la relación entre las artes y la ciencia queda mucho por decir. El mundo del arte está siendo colonizado por estas relaciones y los artistas tenemos el deber de considerarlas, más allá de las implicaciones institucionales, éticas y políticas que conllevan. Eso no significa que el arte que no plantee sus lógicas de la mano del método científico carezca de validez o legitimidad. Significa, más bien, que la relación con la ciencia también puede ser fecunda a la hora de pensar en el arte y de producirlo.
11. Los teóricos de la cibernética y de la tecnología han dejado de lado las preguntas sobre nuestra relación con formas de tecnología diferentes a las inocente y anacrónicamente denominadas “nuevas tecnologías”. Algunas veces se olvida

que cualquier forma de conocimiento sistematizado es, por definición, tecnológica. Desde el arte (que también es una forma tecnológica, en tanto conocimiento sistematizado) se podrían plantear múltiples preguntas y reflexiones sobre el hombre y su relación con lo tecnológico. Esas preguntas pueden encarnar discursos y diversas formas de producción artística y cobrar gran vigencia en el contexto de la sociedad actual.

12. La simbolización o gramaticalización de cualquier tipo de conocimiento conlleva pérdidas y renunciaciones, en tanto exige un modelado que encasilla y simplifica sus estructuras. Dichas pérdidas pueden ser vistas, no sólo como tales, sino como un “costo de oportunidad” necesario para vislumbrar nuevos horizontes.
13. Observar los problemas de la composición artística desde diferentes niveles de abstracción puede ayudar al artista a atisbar universos desconocidos para él. Pensar en números, ecuaciones, gramáticas, algoritmos y código computacional en lugar de sonidos, acordes, enlaces, frases, colores y formas, se convierte en una herramienta alternativa valiosa para el creador en tanto los diversos objetos y elementos de la obra y los distintos problemas del arte adquieren nuevas naturalezas ontológicas que les permiten ser vistos de maneras novedosas en las que podrían emerger distintas formas de abordaje y nuevas soluciones para los diversos problemas creativos y estéticos.

14. Mirar el arte o la música desde las perspectivas de otras disciplinas, por ejemplo las matemáticas, aporta un cambio de “lugar de enunciación” desde el cual irrumpen nuevos discursos, formas, valores estéticos y lógicas creativas. Sin embargo es pertinente recordar la manera en que Xenakis prescribe que para el artista, no importan los préstamos disciplinares de los que nutra, debe primar el pensamiento artístico: cuando se compone música, el creador es un artista, un compositor, no un ingeniero ni un matemático; esto establece una jerarquía y una axiología de la creación que no debe dejarse de lado (al menos, en principio).
15. Subvertir la naturaleza ontológica del software como objeto útil y su dimensión teleológica como elemento que soluciona problemas de la sociedad puede convertirse en un factor estetizador del desarrollo de software susceptible de producir una sobre-determinación de la técnica que conduzca a este tipo de objetos al dominio del arte. Esa misma subversión se convierte en una forma de activismo (o “artivismo”) que cuestiona el sentido de la ingeniería y de las lógicas de mercado y que invita, desde el arte, a la construcción de una utopía en la cual se trascienda el valor mercantilizado de las producciones humanas.
16. La declaración de principios creativos alrededor de los problemas planteados desde la mirada del software visto como objeto de arte, me permitió avanzar en

este tópico ordenando mis lógicas de trabajo y dando lugar a una semilla de producción que, más tarde, podrá convertirse en mi propia forma de hacer software-arte y presentarlo ante el “mundo del arte” como tal.

17. Las nuevas formas de música y de arte plantean escenarios en donde nacen inusitadas formas expresivas y se generan sugestivas preguntas. Algunas de ellas tocan con lo tecnológico, otras no. A pesar de esto, es tarea del compositor trascender estas nuevas formas de hacer música para producir un discurso sonoro que, más allá de conjurar su propia historia, plantee confines alternativos que trasciendan lo tecnológico y lo acusmático, y que conduzcan a la generación de nuevos ámbitos creativos y diferentes posibilidades de experiencias estéticas. Dichos espacios creativos deberán indagar por el lugar de lo tecnológico, lo estetizante y lo filosófico en el contexto de lo musical.

PUESTA EN ESCENA

1. La obra fue llevada a escena posibilitando un espacio para desplegar mi trabajo como guitarrista. Allí examiné las posibilidades expresivas de mi composición y traté de trascender los retos técnicos que me imponía mi trabajo. De todo este esfuerzo queda una experiencia importante que podré utilizar posteriormente.
2. La obra que compuse y la conferencia en la cual ésta fue estrenada se plantearon como dos actos performáticos dependientes entre sí. Esta dependencia, si bien puede ser objetable desde algunas perspectivas, fue uno de los objetivos perseguidos para la puesta en escena y se logró a cabalidad. No obstante, es posible que haber invertido el orden de estos dos componentes contribuyera a la generación de una experiencia estética más libre de condicionamientos.
3. Si bien la inclusión de aspectos derivados de otras disciplinas artísticas como las visualizaciones geométricas y la iluminación del montaje obedecieron a la voluntad de los organizadores de la maestría por hacer que los estudiantes plantearan en su ejercicio espacios de negociación y convivencia de distintas disciplinas del arte, asunto que para mí fue valioso y constructivo. La presencia de estos elementos complejiza el asunto y, en algunos casos puede generar confusión y distracción para el público. Es posible que para una segunda puesta

en escena de la obra, la presencia o la forma de realización de estos complementos visuales deba replantearse.

4. La generación de visualizaciones sonoras a partir de la música fue funcional y contribuyó a la realización en escena y al propósito de la obra. Se logró construir un discurso en donde lo visual y lo sonoro se integraron de manera coherente con la conceptualización de la composición, al menos considerada desde su esencia puramente estetizante. Si bien la intención de combinar lo sonoro con lo visual partió de las necesidades generadas en el contexto de la maestría, es posible que las visualizaciones pudieran omitirse en futuras presentaciones de valorarse como innecesarias, según las necesidades del contexto en que la obra sea exhibida.

PERSPECTIVAS DE DESARROLLO PARA TRABAJOS ULTERIORES

1. La indagación por la técnica de evolución gramatical permitió la construcción de un software y con ello la apropiación de la técnica misma. Ésta ofrece oportunidades creativas valiosas. De todos modos, es necesario seguir indagando en la redacción de nuevas gramáticas que permitan descubrir otros potenciales y comprender las limitaciones relacionadas con ese método.
2. La música para guitarra y acompañamiento de máquina puede ser funcional dentro de mis búsquedas sonoras y expresivas. Con todo, es necesario conocer más este medio para aprovecharlo de forma que me permita alcanzar mayor coherencia formal y alta cohesión tímbrica.
3. Las reflexiones estéticas y filosóficas planteadas constituyen una piedra angular para futuros trabajos teóricos y de producción artística que quisiera realizar acerca de la música compuesta con la participación de máquinas (no necesariamente computadoras, ni máquinas digitales, ni electrónicas, más bien, diversos tipos de máquinas).
4. Respecto a la vigencia de este trabajo, podría decirse que, si bien revive preguntas que se consideraban ya superadas en el dominio artístico, lo hace desde una nueva perspectiva en la cual aparecen aspectos filosóficos y estéticos que la refrescan y la renuevan. Se revisitan viejos paradigmas y se reviven

entusiasmos y decepciones para interrogarlos, desde un nuevo ángulo, la pregunta por la sobre-determinación del arte; por lo estetizante y por la legitimidad de los recursos de la inteligencia artificial, no para imitar la capacidad humana, sino para plantear preguntas por la relación de los hombres con sus productos intelectuales como la tecnología y buscar formas alternativas de pensar en el arte y de hacer arte.

5. Este trabajo constituye la bitácora que atestigua un momento en mi desarrollo como artista y el esfuerzo por sintetizar mis procesos formativos que han bebido de distintas disciplinas. Quedan muchas preguntas por responder y otros tantos caminos por transitar. De todas maneras, pienso que logré construir una base sólida para trabajos ulteriores en los cuales quisiera explorar otras posibilidades de la composición algorítmica y del software-arte.
6. En general el trabajo que emprendí fue bastante constructivo para mi desarrollo como músico. Sobra decir que el esfuerzo del artista exige gran profundidad en las reflexiones y traza límites lejanos para todo creador. Posiblemente el resultado sonoro de una obra persistentemente puede alcanzar mayor coherencia. Equilibrio que, como siempre, he de buscar, de manera incesante, en mi labor como compositor.

7. Anhele que este opúsculo, desde el modesto aporte que propone, sea de utilidad para el lector que me brinde el honor de conocerlo así como para mis futuros procesos creativos y formativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcalá, José Ramón. (2013). Utopías del arte electrónico, un análisis de la situación cincuenta años después. *ArtNodes*, 13. Retrieved from <http://artnodes.uoc.edu>
- Allombert, A., Assayag, G., Desainte-Catherine, M., & Rueda, C. (2006). Concurrent Constraint Models for Specifying Interactive Scores. In *Proc. of the Third Sound and Music Computing Conference (SMC'06)*.
- Alsina, Pau. (2004). Introducción al arte digital. *Boletín Iberoamericano de Gestión Cultural*, 10.
- Assayag, G., Rueda, C., Laurson, M., Agon, C., & Delerue, O. (1999). Computer-Assisted Composition at IRCAM: From PatchWork to OpenMusic. *Comput. Music J.*, 23(3), 59–72. doi:10.1162/014892699559896
- Bell, C. (2011). Algorithmic music composition using dynamic Markov chains and genetic algorithms. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 27(2), 99–107.
- Birkhoff, G. D. (1931). A mathematical approach to aesthetics. *Scientia*, 50, 133–146.
- Clinex, Manfred, & Kline, Nathan. (1960). *Cyborgs and Space*.

Cope, D. (2004). *Virtual Music: Computer Synthesis of Musical Style*. MIT Press.

Retrieved from <http://books.google.com.co/books?id=dJ7Numf8fwMC>

Cuellar Camargo, Lucio Edilberto. (2000). The Development of Electroacoustic Music in Colombia, 1965-1999: An Introduction. *Leonardo Music Journal, MIT Press, 10*, 7–14.

Dal Farra, Ricardo. (2013, November). El archivo de música acústica latinoamericana... diez años después. *ArtNodes, 13*. Retrieved from <http://artnodes.uoc.edu>

De la Puente, A. O., Alfonso, R. S., & Moreno, M. A. (2002). Automatic composition of music by means of grammatical evolution. *ACM SIGAPL APL Quote Quad, 32*(4), 148–155. doi:10.1145/604444.602249

Dunn, J., & Clark, M. A. (1999). Life Music": The Sonification of Proteins. *Leonardo Music Journal, MIT Press, 32*(1), 25–32.

Dutton, D., & Paz, C. F. (2010). *El instinto del arte*. Ediciones Paidós Ibérica, S.A. Retrieved from http://books.google.com.co/books?id=xuC_ohb69-QC

Eiben, A. E., & Smith, J. E. (2003). *Introduction to Evolutionary Computing*. SpringerVerlag.

- Emmer, Michele. (2005, July). La perfección visible, matemática y arte. *ArtNodes*. Retrieved from <http://www.uoc.edu/artnodes/esp/art/emmer0505.pdf>
- Fisher, Hervé. (2014). Las artes científicas. Euroamericano, campus de cooperación cultural. Retrieved from www.oei.es
- García Salas, Horacio Alberto. (2012). *Modelo generativo de composición melódica con expresividad* (doctoral). Instituto politécnico Nacional, México.
- Gómez-Zamalloa Gil, Miguel. (2010). Sistema de composición musical automática. Aproximaciones Preliminares.
- Haraway, D. (1991). Manifiesto cyborg. *Ciencia, Tecnología Y Feminismo Socialista Finales*.
- Hilera, José R., González, Roberto J., & Gutierrez de Mesa, José. (n.d.). Composición musical vía computación neuronal. Retrieved August 30, 2013, from http://www.cc.uah.es/hilera/docs/1998/a_novatica1/a_novatica1.htm
- Hofstadter, D. R. (1979). *Godel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid*. New York, NY, USA: Basic Books, Inc.
- Iñigo, Ibaibarriaga. (2004). Música y Matemáticas. De Schoenberg a Xenakis. Grupo de Música Contemporánea de Bilbao.

Jandova, Jarmila, & Volek, Emil. (2000). *Signo, función y valor en la obra de Jan Mukarovsky*.

Jensen, J. H., & Haddow, P. C. (2011). Evolutionary music composition based on Zipf's law. In *Proceedings of the 13th annual conference companion on Genetic and evolutionary computation* (pp. 41–42).

Johanson, B., & others. (1997). Automated Fitness Raters for the GP-Music System. *University of Birmingham, Masters Degree Final Project*.

John Maurer. (1999). A Brief History of Algorithmic Composition. Retrieved March 12, 2013, from <https://ccrma.stanford.edu/~blackrse/algorithm.html>

Jorda, Sergi. (1990). Música e inteligencia artificial. Retrieved from <http://web.archive.org/web/19980121233455/http://www.iaa.upf.es/~sergi/musica.htm>.

Khalifa, Y., & Al-Mourad, M. (2006). Autonomous evolutionary music composer. In *Proceedings of the 8th annual conference on Genetic and evolutionary computation* (pp. 1873–1874).

Kline, M., & Garciadiego, A. (1994). *El pensamiento matemático de la Antigüedad a nuestros días, III*. Alianza. Retrieved from <http://books.google.com.co/books?id=GKqW4QSLFy8C>

Klinger, R., & Rudolph, G. (2007). *Automatic Composition of Music with Methods of Computational Intelligence*.

Lerdahl, F., & Jackendoff, R. (1996). *A generative theory of tonal music*. MIT press.

Lévy, P. (1992). *De la programmation considérée comme un des beaux-arts*.

Editions La Découverte. Retrieved from

<http://books.google.fr/books?id=WEkLHAAACAAJ>

Lionnais, F. L. (1965). *Las grandes corrientes del pensamiento matemático*.

EUDEBA. Retrieved from

<http://books.google.com.co/books?id=OO1GnQEACAAJ>

Lopes, D. (2009). *A Philosophy of Computer Art*. Taylor & Francis. Retrieved from

<http://books.google.com.co/books?id=zwwUj0ni1wwC>

Machado, P., Romero, J., Santos, M. L., Cardoso, A., & Manaris, B. (2004). Adaptive critics for evolutionary artists. In *Applications of evolutionary computing* (pp. 437–446). Springer.

Manaris, B., Roos, P., Machado, P., Krehbiel, D., Pellicoro, L., & Romero, J. (2007).

A corpus-based hybrid approach to music analysis and composition. In

Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence (Vol. 22, p.

839).

- Manovich, Lev. (2002). La vanguardia como software. *UOC*. Retrieved from <http://www.uoc.edu/artnodes/esp/art/manovich1002/manovich1002.html>
- Marcuse, Herbert. (1967). *Cultura y Sociedad. Acerca del carácter afirmativo de la cultura*.
- Marques, M., Oliveira, V., Vieira, S., & Rosa, A. (2000). Music composition using genetic evolutionary algorithms. In *Evolutionary Computation, 2000. Proceedings of the 2000 Congress on* (Vol. 1, pp. 714–719).
- McDermott, J., & O'Reilly, U.-M. (2011). An executable graph representation for evolutionary generative music. In *Proceedings of the 13th annual conference on Genetic and evolutionary computation* (pp. 403–410). New York, NY, USA: ACM. doi:10.1145/2001576.2001632
- Michel Serres. (2011). *Música*. (Luis Alfonso Palau, Trans.). Paris: Le Pommier.
- Miranda, E. R., & Biles, J. A. (2007). *Evolutionary Computer Music*. Springer. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=U3Ptpl45GigC>
- Miyara, Federico. (2002). La música de las esferas, de Pitágoras a Xenakis. Apuntes para el coloquio de matemática.
- Moorer, J. A. (1972). Music and computer composition. *Communications of the ACM*, 15(2), 104–113.

- Morgan, R. P., & Sojo, P. (1994). *La música del siglo XX*. Ediciones Akal. Retrieved from <http://books.google.es/books?id=GJx1INGNepwC>
- Negroponete, N., & Plaking, D. (1996). *Ser digital*. Editorial Oceano de México. Retrieved from <http://books.google.com.co/books?id=opUwcgAACAAJ>
- Norton, D., Heath, D., & Ventura, D. (2011). An Artistic Dialogue with the Artificial. In *Proceedings of the 8th ACM Conference on Creativity and Cognition* (pp. 31–40). New York, NY, USA: ACM. doi:10.1145/2069618.2069625
- Nyman, M., Báez, I. O., & Ponsatí-Murlà, O. (2006). *Música experimental: de John Cage en adelante*. Createspace Independent Pub. Retrieved from <http://books.google.com.co/books?id=CNoxgM3mRaUC>
- Ohno, S. (1987). Repetition as the Essence of Life on this Earth: Music and Genes. In R. Neth, R. Gallo, M. Greaves, & H. Kabisch (Eds.), *Modern Trends in Human Leukemia VII* (Vol. 31, pp. 511–519). Springer Berlin Heidelberg. Retrieved from http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-72624-8_107
- Otani, N., Shirakawa, S., & Numao, M. (2014). Symbiotic Evolution to Generate Chord Progression Consisting of Four Parts for a Music Composition System. In D.-N. Pham & S.-B. Park (Eds.), *PRICAI 2014: Trends in Artificial*

Intelligence (Vol. 8862, pp. 849–855). Springer International Publishing.

Retrieved from http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-13560-1_69

Papadopoulos, G., & Wiggins, G. (1999). AI Methods for Algorithmic Composition: A Survey, a Critical View and Future Prospects. In *IN AISB SYMPOSIUM ON MUSICAL CREATIVITY* (pp. 110–117).

Peitgen, H. O., & Richter, P. H. (1986). *The Beauty of Fractals: Images of Complex Dynamical Systems*. Springer. Retrieved from <http://books.google.de/books?id=xb20psn4KbUC>

Pereira, F. C., Grilo, C. F. A., Macedo, L., & Cardoso, F. A. B. (1997). Composing music with case-based reasoning.

Pope, S. T. (1995). Fifteen years of computer-assisted composition. In *Proceedings of the 2nd Brazilian Symposium on Computer Music*.

Prieberg, F. K., & Costa, J. G. (1964). *Música y máquina: música concreta, electrónica y futurista, nuevos instrumentos, robots, discografía*. Zeus. Retrieved from <http://books.google.es/books?id=kCFZNQAACAAJ>

Prusinkiewicz, P., Hanan, J. S., Fracchia, F. D., Lindenmayer, A., Fowler, D. R., de Boer, J. M., & Mercer, L. (1996). *The Algorithmic Beauty of Plants*. Springer

New York. Retrieved from
<https://books.google.de/books?id=QWKjQgAACAAJ>

Rader, G. M. (1974). A method for composing simple traditional music by computer. *Commun. ACM*, 17(11), 631–638. doi:10.1145/361179.361200

Ramírez Moreno, Rodrigo Gabino. (2001). *Generación de música con gramáticas formales* (maestría). Instituto Politécnico Nacional, México.

Román, A. (2008). *Indeterminación Y Minimalismo, Pop Y Vanguardias*. Lulu Enterprises Incorporated. Retrieved from
<http://books.google.com.co/books?id=NHqnKywNppAC>

Rueda, C., Alvarez, G., Quesada, L. O., Tamura, G., Valencia, F., Díaz, J. F., & Assayag, G. (2001). Integrating constraints and concurrent objects in musical applications: A calculus and its visual language. *Constraints*, 6(1), 21–52.

Salingaros, N. A., & West, B. J. (1999). A universal rule for the distribution of sizes. *Environment and Planning B*, 26, 909–924.

Sánchez de Andrés, Leticia. (2012). Relaciones entre música, ciencia y tecnología durante el siglo XX. Departamento de Música. Universidad Autónoma de Madrid.

Senaratna, Nuwan I. (2006). *AUTOMATIC MUSIC COMPOSITION USING A TREE OF INTERACTING EMERGENT SYSTEMS* (Degree of Bachelor of Computer Science). University of Colombo.

Soler, F. (1953). *El origen de la obra de arte y la verdad en Heidegger: seguido de la traducción del ensayo de Heidegger "El origen de la obra de arte" y del vocabulario filosófico de Heidegger*. Universidad Nacional de Colombia, Extensión Cultural, Facultad de Filosofía y Letras. Retrieved from <http://books.google.com.co/books?id=TGMOAAAAIAAJ>

Stiegler, Bernard. (2006). Nanomutations.

Stiegler, Bernard. (2007). Anamnesis and Hypomnesis. *Litteraria Pragnesia*, 15–41.

Wells, D., & ElAarag, H. (2011). A novel approach for automated music composition using memetic algorithms. In *Proceedings of the 49th Annual Southeast Regional Conference* (pp. 155–159). New York, NY, USA: ACM. doi:10.1145/2016039.2016083

Wooller, R., Brown, A. R., Miranda, E., Diederich, J., & Berry, R. (2005). A framework for comparison of process in algorithmic music systems.

Xenakis, X. (1922). *Formalized music, thought and mathematics in composition*. Stuyvesant, New York: Pendragon Press.

Yehya, N. (2001). *El Cuerpo Transformado/The Transformed Body: Cyborgs y nuestra descendencia tecnologica en la relaidad y en la ciencia ficcion.*

Editorial Paidós. Retrieved from

<http://books.google.com.co/books?id=QL6jAAAACAAJ>

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: PRODUCTOS DEL PROCESO	38
ILUSTRACIÓN 2: PARTITURA DE LA OBRA COMPUESTA CON EL DATRATON FUENTE: HTTP://DATATRON.BLOGSPOT.COM/2009/03/BERTHA-PRESERVES-DATATRON.HTML	88
ILUSTRACIÓN 3: MELODÍA GENERADA DESDE UNA CADENA DE MARKOV	99
ILUSTRACIÓN 4: DIAGRAMAS DE ESTADO DE CADENAS DE MARKOV.....	101
ILUSTRACIÓN 5: MELODÍA REPRESENTADA POR EL CROMOSOMA.....	108
ILUSTRACIÓN 6: MELODÍA GENERADA POR UN A GRAMÁTICA	114
ILUSTRACIÓN 7: PRESENTACIÓN PÚBLICA DE LA OBRA "SONORIDADES Y UTOPÍAS DE LA ANTROPOSEMIOSIS POST-HUMANA", AUDITORIO HAROLD MARTINA, FACULTAD DE ARTES, UDEA, DICIEMBRE DE 2014	183
ILUSTRACIÓN 8: DIAGRAMA DE PAQUETES DE COMPOCYBORG MUSICUM DARWINIUM.....	198
ILUSTRACIÓN 9: DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DE COMPOCIBORG MUSICUM DARWINIUM	199
ILUSTRACIÓN 10: PROCESO OPEN-UP	202
ILUSTRACIÓN 11: EJEMPLO DE GRAMÁTICA UTILIZADA POR COMPOCYBORG MUSICUM DARWINIUM	204
ILUSTRACIÓN 12: PROCESO DE DERIVACIÓN EN EVOLUCIÓN GRAMATICAL	205
ILUSTRACIÓN 13: VENTANA PRINCIPAL DEL PROGRAMA	210
ILUSTRACIÓN 14: VENTANA DE SELECCIÓN DE PARÁMETROS DE EVOLUCIÓN	211
ILUSTRACIÓN 15: VENTANA DE SELECCIÓN DE PARÁMETROS DE AJUSTE	212

ILUSTRACIÓN 16: VENTANA DE PRESENTACIÓN DE ESTADÍSTICAS.....	213
ILUSTRACIÓN 17: VENTANA DE PRESENTACIÓN DE MELODÍA	213
ILUSTRACIÓN 18: EJEMPLO DE GRÁFICA PRODUCIDA POR EL PROGRAMA.....	214
ILUSTRACIÓN 19: MÓDULO PRINCIPAL DE COMPOCYBORG LUMINUS TIRESIUS.....	216
ILUSTRACIÓN 20: MÓDULO CONMUCYBORG	217
ILUSTRACIÓN 21: MODULO NEUROCYBORG	218
ILUSTRACIÓN 22: MODULO SPHERISOUNDER.....	219
ILUSTRACIÓN 23: MÓDULO EAR.....	220
ILUSTRACIÓN 24: NIVELES DE CIBORGIZACIÓN	227
ILUSTRACIÓN 25: GRAMÁTICA UTILIZADA PARA GENERAR LAS MELODÍAS.....	232
ILUSTRACIÓN 26: PARÁMETROS EVOLUTIVOS EMPLEADOS	233
ILUSTRACIÓN 27: CONFIGURACIÓN DE LA FUNCIÓN DE AJUSTE.....	234
ILUSTRACIÓN 28: ESTADÍSTICAS DE EJECUCIÓN DEL ALGORITMO EVOLUTIVO	235

ÍNDICE TEMÁTICO

- Alan Turing, 23, 135
Alba Fernanda Triana, 125
Alberti, 48
Alejandro Gómez, 125
algoritmo, 106, 116, 233, 235
algoritmos, 14, 16, 50, 67, 80, 96, 105, 107, 150
algoritmos genéticos, 14
algoritmos genéticos interactivos, 14, 97
Andrés Posada, 123
árboles de decisión, 96, 104
arca musa rithmica, 77
Arturo Parra, 123
Athanasius Kircher, 76
autómatas celulares, 14, 50, 96, 140
Babbage, 135
Babbitt, 69, 70, 82
Bec, 50
Biomusa, 55
Birkhoff, 44
Blas Emilio Atehortúa, 119, 122
Boecio, 68
Brunellesky, 48
cadenas de Markov, 14, 90, 96, 98, 100
Cage, 75, 80, 155, 188
Camilo Rueda, 123
caminata aleatoria, 102
caminatas aleatorias, 14, 96, 102
Carter, 82
Catalina Peralta, 123
César Bolaños, 120
Chevreul, 48
ciborg, 10, 20, 24, 29, 30, 52, 222, 224
como árboles de decisión, 14
Componium (Winkel), 76
computación evolutiva, 14, 31, 96, 104, 105, 106, 110, 115, 116, 149, 193, 235
computación memética, 14, 96
Cope, 148
Críticos Artificiales de Arte, 117
Crumb, 80
D'Arezzo, 68
Datatrón, 87
Desain y Honing, 93
desarrollo de software, 18, 22, 28, 31, 32, 34, 145, 171, 184, 192, 197, 200, 201
Dodecafonismo, 81
Electronic Music Synthesizer, 84
Escher, 43, 111
estética computacional, 116
estetización, 149, 186, 187, 191, 223
evolución gramatical, 16, 105, 115, 205
evolución simbiótica, 97, 105
Fabio González Zuleta, 122
Feyerabend, 49, 56
Fibonacci, 69, 232
fractales, 46, 50, 96, 117
Franck Malina, 49
Germán Toro, 125
gramáticas formales, 14, 96, 108, 110, 112, 115, 171
gramáticas generativas, 95

gramáticas libres de contexto, 15, 37, 95, 113, 114, 197
 Guillermo Garbó, 125
 Gustavo Parra, 123
 Hanslick, 68
 Harold Cohen, 129
 Haydn, 79
 Hiller, 89, 90, 110
 humanidad extendida, 22, 24
 Inteligencia artificial, 126
 Isaacson, 89, 90
 Jacqueline Nova, 119, 122, 123
 José Vicente Asuar, 121
 Juan Ignacio Reyes, 124
 Juan Reyes, 123, 125
 Kac, 50
 Kandinsky, 42
 Kant, 68
 Kepler, 2, 68
 Kowalsky, 50
 Krause, 68
 Leibniz, 40, 135
 Leonardo da Vinci, 48
 Lerdahl y Jackendoff, 95
 Loy y Abbott, 93
 Luis Boyra, 123
 MagInvent.org, 125
 Mandelbrot, 44, 46, 50
 máquinas de estado finito, 14, 96
 Máquinas de estado finito, 103
 matriz estocástica, 99
 Menezes, 50
 Mersenne, 68
 Messiaen, 81, 119
 métodos interactivos basados en grafos, 14, 96
Misurgia Universalis, 76
 Mozart, 2, 73, 75, 79, 91
 música generativa, 94, 95, 119
 Noam Chomsky, 23, 112
 nuevos medios, 12, 26, 31, 34, 60, 120, 222, 225
 Ollivier Dyens, 61
 OPEN-UP, 34, 194, 195, 197, 201, 202
 Oppenheimer, 49
 programación genética conducida por gramáticas, 105
 Rameau, 68, 167
 Raúl Pavón, 120
 razonamiento basado en casos, 14, 96, 104
 razonamiento basado en casos y en reglas, 104
 redes de Petri, 14, 96
 redes neuronales, 83, 96, 104
 revista Leonardo, 49, 53
 Ricardo Arias, 123
 Ricardo Escallón, 125
 Roads, 93, 110
 Roberto García, 123
 Rodolfo Acosta, 125
 San Agustín, 41, 68
 Schenker, 109, 110
 Serialismo, 81
 sinosia, 57
 sistemas basados en conocimiento, 14, 96
 sistemas basados en corpus, 104
 sistemas interactivos emergentes, 14, 96
 sistemas interactivos emergentes, como autómatas celulares y fractales, 14
 software-arte, 22, 31, 34, 130, 145
 Sol Sonoro, 123

Stelarc, 53
Stockhausen, 69
Susumo Ohno, 54
técnicas de aprendizaje de máquinas,
14, 96, 104
tecno-arte, 22, 26, 31, 52, 58, 144,
146, 147

Toto, 77
Vida artificial, 126
wrapping, 115
Xenakis, 2, 69, 70, 71, 80, 101, 119
Zarlino, 68