

Origen y desarrollo de una estética cuántica transdisciplinaria

Manuel Rocha Iturbe

Compositor
Profesor titular Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)
Departamento de Arte y Humanidades
manroit@gmail.com

Recibido 26-03-2023 / **Aceptado** 24-04-2023

Resumen. En este ensayo sienta las bases de una estética cuántica en algunas de mis obras artísticas transdisciplinarias: composiciones instrumentales, electroacústicas, esculturas e instalaciones sonoras, a partir de la investigación que realicé en mi tesis doctoral: *Las técnicas granulares en la síntesis sonora*, realizada entre 1992 y 1999. Analizo de manera detallada distintas obras artísticas creadas a partir de estas ideas. Por otro lado, muestro como las teorías cuánticas surgidas en la primera mitad del siglo XX, tienen distintas y diversas características susceptibles a ser utilizadas en la creación de obras de música, de arte conceptual y visual de carácter sónico, e incluso para poder analizar composiciones y obras artísticas de otros creadores relacionadas a las teorías cuánticas.

Palabras clave. Física Cuántica, Teoría del Caos, Música Contemporánea, Música Electroacústica, Arte Sonoro.

Origin and development of a transdisciplinary quantum aesthetics

Abstract. In this essay I lay the foundations of a quantum aesthetic in some of my transdisciplinary artistic works: instrumental and electroacoustic compositions, sculptures and sound installations, based on the research I carried out in my doctoral thesis: *Granular techniques in sound synthesis*, written out between 1992 and 1999. I analyze in detail different artistic works created from these ideas. On the other hand, I show how the quantum theories that emerged in the first half of the 20th century have different and diverse characteristics that can be used in the creation of works of music, conceptual and visual art of a sonic nature, and even for analyzing music and artistic works from other creators related to quantum theories.

Keywords. Quantum Physics, Chaos Theories, Contemporary Music, Electroacoustic Music, Sound Art.

1. Introducción

Desde la aparición de las matemáticas y de las numerosas ciencias, los artistas han encontrado fascinante la idea de imitar las formas en las que las diferentes teorías, las ecuaciones y las diversas manifestaciones de la naturaleza se pueden representar también en un plano estético y subjetivo. En el siglo XX, varios compositores y artistas utilizaron numerosas teorías científicas que estudian la complejidad de la naturaleza de manera metafórica para desarrollar sus obras, tanto en un nivel físico (Tierra, Sistema Solar, Universo) como subatómico, particularmente empleando las teorías del caos, de la entropía y la neguentropía (segunda teoría de la termodinámica), y las distintas teorías surgidas de la física cuántica.

Mi tesis doctoral en el campo de arte y tecnología en la Universidad de Paris VIII, realizada en los años noventa, tuvo como enfoque principal el estudio de las surgidas técnicas granulares en la síntesis sonora, pero al estar estas basadas en conceptos cuánticos, mi tesis se expandió hacia el desarrollo de una posible estética cuántica en la música y el arte, dando lugar a un ensayo previo a este, acerca de la composición musical a través de una concepción cuántica del sonido en la música contemporánea de la mitad del siglo XX¹. Al final de mi investigación, analicé también las primeras obras musicales y artísticas (escultura e instalación sonora) que yo mismo realicé a partir de estas primeras bases de una estética cuántica. En este ensayo, pretendo desarrollar estos análisis, así como las bases de una estética cuántica transdisciplinaria en mi obra artística, no solamente de ese período inicial, sino también de los períodos siguientes, para poder así entender mejor la amplitud y el alcance de estas ideas.

2. Antecedentes de una estética cuántica en mi obra

Después de terminar mis estudios de composición en la Facultad de Música de la UNAM, realicé una maestría en la Universidad de Mills College en los Estados Unidos, en donde descubrí la música electroacústica y pude desarrollar un estilo estético personal. Por otro lado, en ese periodo (1989-1991) descubrí también la música de algunos compositores vanguardistas europeos de la segunda mitad del siglo XX, como György Ligeti y Giacinto Scelsi, que influyeron de una manera importante en mi trabajo artístico. También, pude desarrollar en mi composición ideas asociadas a las nociones de proceso, textura, masa y densidad, estatismo, integración y desintegración, simultaneidad y sincronicidad, no solamente por medio de un lenguaje instrumental puro, sino también en el campo electroacústico, tanto en la música mixta (instrumentos-electrónica) como en la música para cinta sola (ahora llamada música con sonidos fijados). La razón principal de este cambio paradigmático en mi música fue que la manipulación de los sonidos con la ayuda de la tecnología analógica y de la computadora, me permitió esculpir el sonido y descubrir las distintas cualidades espectrales y dinámicas del timbre.

¹ El ensayo lleva como nombre “La composición musical a través de una concepción cuántica del sonido”, y fue publicado en mi libro *Desde la escucha. Creación, investigación e intermedia*, UAM, 2017.

En el nivel de la estructura y de la forma musical, comencé a desarrollar ideas ligadas a la relación entre el nivel micro (timbre) y el nivel macro (ritmo, melodía y armonía) que son la base de la teoría de la continuidad espacio temporal cuántica del matemático norteamericano Norbert Wiener (1964), en la cual describe la complejidad del paradigma cuántico tiempo vs frecuencia en la música². Para poner un ejemplo, en 1990 compuse mi obra para cinta sola *Atl*, realizada a partir de la manipulación de un *sampleo* de siete segundos de un pequeño arroyo de agua. En esta obra, transformé varios sonidos a partir del sonido original, y los dispuse en el tiempo para generar su estructura³. Dos años más tarde, al descubrir las teorías matemáticas del caos, me di cuenta de que *Atl* poseía características fractales, ya que las distintas transformaciones tímbricas y temporales del sonido del arroyo, sacan a relucir sus elementos micro-rítmicos en las distintas escalas temporales. Es decir, las frecuencias del espectro del sonido original se vuelven macro notas cuando lo estiramos con un *vocoder* de fase. Pero también, la modificación del espectro de este sonido crea distintas y nuevas variantes, análogas al principio de auto similaridad de las teorías matemáticas del caos surgidas en los años setenta.

Mi conocimiento de las teorías cuánticas del sonido, así como de la síntesis granular, llegó más tarde⁴. En 1992, haciendo mi tesis predoctoral (DEA) en la Universidad de París VIII en Francia, leí un artículo de Barry Truax sobre la síntesis granular y me di cuenta de que, en algunas de mis composiciones electroacústicas realizadas en los Estados Unidos, ya había desarrollado ideas relacionadas con una estética granular. En mi composición *Bandas de Pueblo* para quinteto de alientos, percusión y cinta magnética (1991), realicé procesos entre un estado de desintegración y un estado de integración a partir de la manipulación de *sampleos* de Bandas de Pueblo Mexicanas. Desintegré completamente los sonidos de las bandas por medio de la extracción de pequeños sonidos (a partir de grabaciones) de una duración de treinta milésimas de segundo. Luego, hice procesos a partir de estos sonidos diminutos (granulares)⁵ usando largos y pequeños retardos irregulares entre ellos, mientras que los sonidos nuevos se convertían poco a poco en notas pequeñas (macro-granos) y luego en notas normales. Al mismo tiempo, reduje los retardos entre los sonidos hasta obtener sonidos compuestos con una duración de un segundo, tocados de

² En su ensayo, Wiener describe la complejidad del fenómeno tímbrico del sonido en el tiempo: "En la escritura musical, una nota tiene un valor de frecuencia y un valor rítmico de duración; para poder definir el timbre de un sonido debemos considerar el número de oscilaciones (frecuencia) más el devenir de estas oscilaciones en el tiempo. El problema para poder describir el espectro de una nota es que la interacción entre la frecuencia y el tiempo es extremadamente compleja". (Wiener N. (1964). *Spatial-Temporal Continuity, Quantum Theory and Music*. En M. Capek (Ed.), 1975: *The Concepts of Space and Time* (pp. 74-88). Boston: Reidel).

³ Rocha Iturbide, M. (1995). Unfolding the natural sound object through electroacoustic composition. *The new journal of music research*, 24 (4), 386.

⁴ No obstante, en 1990 mi colega Robin Goldstein había comenzado a hacer sonidos de síntesis granular con granos sintéticos con el programa *Csound* en el estudio de Mills College, y ese mismo año asistí al festival *Synthèse* en Bourges Francia, en donde escuché la obra *River Run* del compositor Canadiense Barry Truax. Me impresionó mucho la calidad orgánica de los sonidos, y el hecho de que fueran creados a partir de esa misma síntesis granular con granos sintéticos.

⁵ Los procesos fueron realizados a partir del "playlists" del programa *Sound Designer*, pero en esta época yo no me atreví a decir que estos pequeños sonidos constituían granos sonoros.

una manera continua, y establecí una conexión entre el micro grano y el macro sonido; sin embargo, en ese momento no tenía idea alguna de las nociones cuánticas de estos fenómenos. No obstante, yo estaba muy consciente de las características acústicas de estos pequeños sonidos que describí en mi tesis de maestría como: "ruidosos y sin frecuencia"⁶. La integración total en *Bandas de Pueblo* llega al final de la obra, cuando escuchamos distintas grabaciones de las bandas de pueblo reales en su estado original⁷.

Al finalizar mi tesis predoctoral en 1992, en la Universidad de París VIII, con el título: "Génesis y desarrollo del objeto sonoro natural en la música electroacústica", y ya estando al tanto de la síntesis granular así como de la música electroacústica que se podía producir con ella, decidí cambiar el tema de mi tesis doctoral y optar en cambio por una investigación a fondo acerca de las distintas técnicas de síntesis granular en la música por computadora, que en un nivel teórico tuvieron su origen en la física Cuántica.

Los científicos Dennis Gabor, Norbert Wiener y Abraham Moles, estudiaron en distintos momentos del siglo XX las características perceptuales de cuantos sonoros de entre 10 y 60 milésimas de segundo de duración. Estos sonidos son discretos y tienen una limitada cantidad de variantes perceptuales. Son ladrillos finitos, así como los átomos que tienen una cantidad finita de partículas que los componen. Estos investigadores estudiaron también las distintas paradojas cuánticas que surgen con estas partículas sónicas. Por ejemplo, un grano con una frecuencia pura sintética que se repite cada 5 segundos, y que se sigue repitiendo cada vez con un intervalo de tiempo menor, eventualmente se convierte en una frecuencia cuando llegamos a una repetición de 20 granos por segundo, equivalente a 20 Hz que es la frecuencia más baja que podemos escuchar. El grano sonoro puede ser contemplado entonces como una partícula (ritmo, dominio de lo discontinuo), o como una onda (frecuencia, dominio de lo continuo), al igual que un electrón que es tanto partícula (fotón) como onda electromagnética. Las técnicas granulares en la música electroacústica normalmente no producen sonidos frecuenciales espectrales como este, es decir, sonidos periódicos. Estas más bien fueron diseñadas para generar sonidos texturales continuos o discontinuos, y fueron promovidas por vez primera por el compositor Iannis Xenakis a principios de los años cincuenta, y luego desarrolladas por los compositores Curtis Roads y Barry Truax en los años setenta y ochenta, usando las primeras super computadoras en EUA y Canadá.

Ahora bien, la idea de grano sonoro no solo existe en estas técnicas electroacústicas. Las técnicas de análisis síntesis a partir de una transformada de Fourier, con las que realizamos en la actualidad un gran número de transformaciones espectrales de los sonidos en una computadora, o con las que simplemente analizamos el espectro de un sonido determinado, son también granulares, ya que las ventanas de análisis son consideradas granos sonoros. Por

⁶ Rocha Iturbide, M. (1991). *Contemplation and Action*, [Master's thesis]. Oakland California: Mills College, 12.

⁷ En esta obra trabajé con el *Continuum* entre el sonido abstracto (manipulado por la computadora) y el sonido en su contexto de origen.

esta razón, en mi tesis doctoral intenté unir estos dos campos aparentemente separados a partir de la idea del cuanto sonoro, el del mundo del sonido de carácter discontinuo (partículas = ritmo), con el del mundo del sonido de carácter continuo (ondas electromagnéticas = frecuencia). De este modo, las teorías cuánticas se volvieron mucho más pertinentes, y no me limité a analizar solamente las distintas técnicas granulares y de análisis síntesis, sino también a estudiar cómo estas teorías cuánticas surgidas a principios del siglo XX afectaron de manera tardía a las distintas estéticas de la música contemporánea instrumental en los años cincuenta⁸.

En este ensayo analizaré varias obras de música electroacústica, instrumental y de arte sonoro, que desarrollé durante el proceso en el que realicé mi tesis doctoral entre 1992 y 1999, y algunas otras en etapas posteriores, pero antes, quisiera regresar a mi etapa creativa en la Universidad de Mills College para analizar dos obras que fueron muy importantes en la génesis de estas estéticas cuánticas. Como ya lo mencioné antes, en varias de mis obras de composición en los Estados Unidos, desarrollé las nociones de masa, textura y densidad. Mis experiencias electroacústicas me permitieron descubrir diferentes aspectos de la precepción psicoacústica surgida de los procesos sonoros asociados con estas ideas. En mi composición *Avidya* para cinta sola, realicé un *Continuum*⁹ a partir de la mezcla de la emisión de todas las estaciones de radio AM y FM del área de la Bahía de San Francisco, California, comenzando por una sola estación y terminando con más de un centenar de estaciones de radio (Figura 1). En esta obra surgen distintas experiencias psicoacústicas a partir de este proceso, en el que la diversidad de información sonora de las estaciones crea una serie de texturas sonoras que se transforman poco a poco en una gran masa sonora de ruido que cubre un ancho de banda frecuencial muy amplio, es decir, un rango de frecuencias que va desde sonidos muy graves a sonidos muy agudos, y una de estas experiencias es muy cercana a los fenómenos sónicos granulares.

En *Avidya* hay un proceso acerca de la destrucción gradual de la información sonora de la emisión de cada estación de radio, y en esta destrucción podemos escuchar pequeños fragmentos rotos. Este efecto es análogo a un mosaico pompeyano quebrado en mil pedazos, en donde descubrimos una nueva pintura abstracta que surge del nuevo reordenamiento de la pedacería del mosaico original¹⁰.

⁸ En el último capítulo de mi tesis doctoral desarrollé estas ideas, y a partir de allí publiqué en 2017 un ensayo llamado "La composición musical a través de una concepción cuántica del sonido", en mi libro *Desde la escucha. Creación, Investigación e Intermedia*. En mi análisis musicológico, los compositores cuyas estéticas se vieron más claramente afectadas por las teorías cuánticas fueron principalmente Iannis Xenakis y Karlheinz Stockhausen, pero también John Cage, György Ligeti y Morton Feldman.

⁹ *Continuum* es un concepto que tiene que ver con un desarrollo fino y pausado que transita entre los dos puntos opuestos de un parámetro sonoro o visual. Por ejemplo, en el corto fílmico *Entrance Exit* de Fluxus creada por Emmet Williams y James Tenney, una pantalla blanca se convierte de manera continua en negra mientras que en el sonido una onda sinusoidal pura se vuelve poco a poco ruido blanco.

¹⁰ *Idem*, p.20.

Al analizar mi música y mis ideas en el período de Mills College (1989-91), me di cuenta de que ya existían elementos estéticos cercanos a los principios cuánticos, incluso en un momento en el que yo tenía muy pocas nociones de ellos. En mi tesis de maestría *Contemplación y Acción*, escribí acerca de estados sonoros continuos y discontinuos en mi composición *Frost Clear Energy Saver* para refrigerador, contrabajo y cinta magnética (1991): "[...] En esta obra existen estados sonoros continuos y discontinuos que surgen de una misma fuente sonora. Me agrada mucho ir de un polo al otro, de la unidad a la multiplicidad, de la integración a la desintegración, de la continuidad a la discontinuidad, de la construcción a la deconstrucción"¹¹.

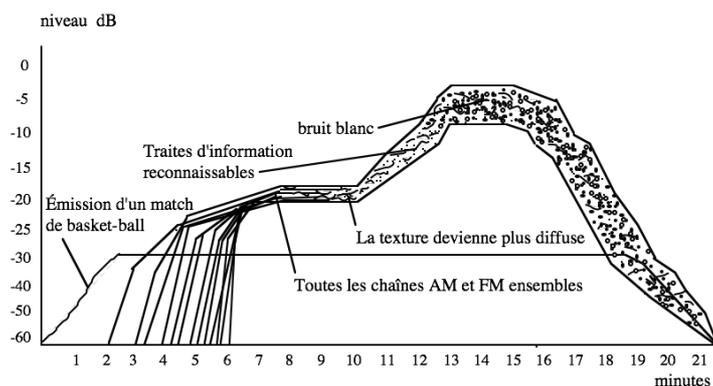


Figura 1. Diagrama estructural de *Avidya*¹²

En mi tesis de doctorado escribí acerca de la dualidad continuo-discontinuo vislumbrada dentro de un *Continuum*, y entendida como algo complementario partiendo de la teoría de Niels Bohr:

La noción de *Continuum* existe también en el dominio de lo muy pequeño. El continuo existe en el mundo subatómico, pero explicado como una complementareidad indisociable del discontinuo, ya que una onda es continua, pero incluso si es perfectamente periódica, la creación de esta onda se da por una oscilación electromagnética de carácter discontinuo. Por otro lado, en la física cuántica la idea de discontinuidad es intrínseca, y esta es producida por fenómenos ligados de manera íntima, ya que incluso en el caso de partículas desperdigadas en el espacio, existe un principio unificador que las pone en relación, y entonces, se da un *Continuum*.¹³

En *Frost Clear Energy Saver*, el principio de complementareidad¹⁴ cuántica ya estaba presente en la obra. A partir del sonido de un refrigerador (un sonido de

¹¹ *Ibidem*, p. 28.

¹² Rocha Iturbide, M. (1999). *Les techniques granulaires dans la synthèse sonore* [Doctoral dissertation]. París : Universidad de París VIII, 355.

¹³ *Idem*, p. 326.

¹⁴ El científico Danés Niels Bohr definió el principio de complementareidad en 1926, “estableciendo que no es posible diseñar un experimento en física que explique de manera simultánea, en cualquier circunstancia, el funcionamiento integral del átomo. Es decir, no se puede diseñar un experimento que simultáneamente, estudie al átomo como si fuera un sistema estructurado a base de partículas cuánticas y de ondas electromagnéticas” (Cesarman, E. (1986).

carácter continuo, aunque plagado de saltos discontinuos¹⁵ hice sonidos discretos discontinuos (de entre 100 y 300 milésimas de segundo) con distintas partes de su espectro, con los cuales construí motivos melódicos tímbricos¹⁶ pegándolos unos con otros, y que luego yuxtapuse en la mezcla final de la cinta sobre un *Continuum* espectral también construido a partir del sonido original del refrigerador.

Además de mi trabajo con las nociones de continuidad y de discontinuidad, y con el concepto de *Continuum* que une a estos dos estados complementarios del sonido, mi amplio conocimiento de la obra de John Cage me hizo reflexionar acerca de la conexión de los sonidos en un estado de azar total. Por otro lado, en esa época descubrí un ensayo de Carl Jung acerca del fenómeno de la sincronicidad, en el que encontré ideas importantes acerca de la relación de eventos en nuestro inconsciente. Estas concepciones me hicieron entender la naturaleza del proceso de la composición musical¹⁷.

Es muy interesante ver como estas reflexiones son compatibles con la teoría de la interconexión de partículas en la física cuántica de Bohr, que sin embargo descubrí mucho más tarde. Carl Jung concibió un sistema de cuatro coordenadas (o cuatro dimensiones), en donde la casualidad (azar) y la sincronicidad se encuentran en un eje *y* horizontal, mientras que el espacio y el tiempo se encuentran en un eje *x* vertical¹⁸. Es posible que este sistema esté basado en la teoría de la relatividad de Albert Einstein, pero yo creo que también es cercano al principio de interconexión cuántica de Bohr, que dice que, si tenemos un sistema de dos electrones separados en el espacio, incluso por miles de kilómetros, están de todos modos atados por conexiones no locales instantáneas:

Orden y Caos, México: Ediciones Gernika, S.A. p. 116). Mi idea de utilizar esta paradoja cuántica de Niels Bohr como una metáfora estética en la música y en el arte en general, es la de intentar integrar estos dos estados que siempre son concebidos como algo separado y distinto cuando en realidad no pueden ser analizados o percibidos de ese modo. En la física cuántica, el investigador (sujeto) deja de distinguirse con lo que investiga (objeto), y se confunde. Lo que percibimos como continuo es de algún modo también discontinuo y viceversa.

¹⁵ El sonido original grabado de mi refrigerador mediante un micrófono de contacto pegado al motor cambiaba constantemente, parecía como si el refrigerador estuviera cantando, variando los inarmónicos de su espectro debido probablemente a su estructura acústica y a un flujo irregular de la electricidad.

¹⁶ Estas melodías frigoríficas recuerdan la técnica de *Klangfarbenmelodie* del compositor dodecafónico austriaco Arnold Schönberg, que consiste en hacer melodías pasando constantemente de un instrumento al otro nota por nota, creando un contraste tímbrico muy colorido y contrastante.

¹⁷ Para Carl Jung, los eventos sincrónicos no tienen que suceder al mismo tiempo. Nuestra mente es la que conecta un evento con el otro para poder entender la relación entre las cosas. La teoría de Jung está basada entonces en la relación de distintos eventos que hace nuestra mente inconsciente y el proceso de composición tiene que ver con esto de manera muy cercana. Incluso cuando componemos algo y no sabemos cuáles son las relaciones internas que la estructura pueda tener, existen conexiones del inconsciente que hacen que estas relaciones existan no en el campo del azar sino en el campo de la sincronicidad. Si más tarde descubrimos estas conexiones, podemos subrayarlas y sacarlas del caos, dándole entonces a la composición la lógica de nuestra mente inconsciente". Rocha Iturbide, M. (1991). *Contemplation and Action*, [Master's thesis]. Oakland California: Mills College, 31.

¹⁸ Jung, C.G. (1988). *Sincronicidad* (p. 44). Málaga: Editorial Sirio.

La teoría cuántica revela una unidad básica del universo, cuando penetramos en la materia la naturaleza no nos muestra bloques aislados, sino que aparece como una red compleja de relaciones entre las varias partes del todo. Estas relaciones siempre incluyen al observador de una manera esencial, quien constituye el eslabón final de la cadena del proceso de observación, y las propiedades de un objeto atómico solo pueden entenderse en términos de la interacción de este con el observador¹⁹.

La música de azar total de John Cage, por ejemplo, no se encuentra en el polo opuesto de la sincronicidad, sino que existe una relación entre el azar y la sincronía, es decir, que dentro de la música aleatoria de Cage el escucha es el responsable de establecer lazos sincrónicos entre los sonidos. A veces existen músicas que se encuentran entre el azar y la sincronía, y en ese caso, el compositor, intérprete y escucha, tienen el papel de una participación activa y orgánica indispensable que va a producir una obra de carácter abierto. Esta obra tendrá una estructura elástica, pero con ciertos rasgos fijos que le darán un sello muy definido.

El concepto de obra abierta se adapta muy bien a una visión cuántica de la música y de la instalación sonora. En mi trabajo sónico dentro de las artes plásticas he hecho obras concebidas para espacios en los que el público circula, y en esa instancia he tenido que imaginar estructuras abiertas y en ocasiones interactivas que siempre dan como resultado una misma impresión estética coherente, como un móvil. De estas obras hablaré al final de este ensayo.

3. Las técnicas de síntesis granular y la estética cuántica

3.1 Transiciones de Fase

En 1992 tuve la oportunidad de tomar el diplomado de composición e informática musical del IRCAM (instituto de investigación y coordinación de acústica y música de París), fundado por Pierre Boulez en 1973, un centro de investigación y de creación musical donde se desarrollaron técnicas de transformación digital de sonidos análisis-síntesis muy conocidas como el *Super Vocodeur de Phase* (Depalle, P. & Poirot, G. 1991), o como la síntesis por función de onda formántica que utiliza los FOF, granos sonoros con una función de onda formántica (Rodet, 1980). Desgraciadamente, los investigadores de este centro no estaban interesados en las técnicas granulares tradicionales, ya que ellas no contemplan el análisis de las señales sonoras.

El trabajo con las técnicas de análisis-síntesis y con la síntesis formántica, me permitió profundizar mi conocimiento del timbre dentro del campo espectral. En el IRCAM, descubrí que la computadora es una herramienta increíblemente precisa y poderosa; sin embargo, en ese lugar no se había desarrollado ninguna técnica de síntesis capaz de crear masas sonoras ricas y complejas. Yo deseaba continuar con mi trabajo sobre el aspecto frecuencial del sonido, pero tenía también necesidad de encontrar técnicas nuevas que me permitieran crear

¹⁹ Capra, F. (1984). *The Tao of Physics* (p. 57). Bantam Books.

sonidos más orgánicos y cercanos a los fenómenos sonoros de la naturaleza. Tuve entonces la suerte de conocer a Curtis Roads, un compositor e investigador norteamericano que trabajaba en el departamento de documentación del IRCAM. Roads fue uno de los pioneros del desarrollo de las técnicas granulares asincrónicas (síntesis granular discontinua en la que el aspecto rítmico es importante), pero también pionero en sentar las bases de los aspectos teóricos de la síntesis granular en general. Gracias a Roads, pude trabajar con las *orquestas*²⁰ del programa de síntesis *Csound* (Vercoe, 1986), que Curtis había concebido, y que yo desarrollé²¹ gracias al control temporal de los granos por medio de algoritmos caóticos y estocásticos²², con el programa *Patchwork* (Larson, Rueda, Duthen, 1993). Produje entonces sonidos con granos sintéticos y con la granulación de distintas muestras sonoras (*samples*) grabadas en la memoria de la computadora, obteniendo resultados muy interesantes.

Durante el período de este curso de estudios en el IRCAM (1992-1993), el proyecto final fue la realización de una composición electroacústica mixta con la ayuda de diferentes programas informáticos. En esta misma época en la que comencé a hacer mi investigación de doctorado a partir de las teorías cuánticas y el sonido, descubrí también las teorías del caos que estudian y que explican la complejidad del comportamiento de diversos fenómenos en la naturaleza. Estas teorías me inspiraron y decidí hacer una obra interactiva para cuarteto de metales (trompeta, corno, trombón y tuba) y computadora. El título de esta composición: *Transiciones de Fase* se refiere al fenómeno Caótico que tiene lugar cuando hacemos pasar un estado sólido al estado líquido mediante un aumento de energía: "Cuando un sólido es calentado, sus moléculas vibran con la energía añadida. Estas empujan hacia afuera contra sus ataduras, y fuerzan a la sustancia a expandirse. Mientras más calor, más expansión. Sin embargo, a cierta temperatura y presión, el cambio viene de manera repentina y discontinua"²³.

Pensando en las analogías entre los procesos físicos Caóticos y los fenómenos sonoros musicales, en *Transiciones de fase* hice una investigación sónica acerca de los sonidos de los instrumentos de metal para evocar los distintos estados materiales de estos sonidos como si fueran un elemento natural como el agua cuando se encuentra en un estado gaseoso, líquido o de congelación. Las

²⁰ El nombre *orquesta* en el programa *Csound* es figurado, es la parte del programa en la que diseñamos las características de los sonidos (timbres) que luego son dispuestos en el tiempo en la otra parte del programa llamada *score* (partitura).

²¹ El programa que desarrollé con *Csound* y *Patchwork* para crear los *scores* (partituras) en donde se generan las instrucciones algorítmicas para disponer el momento temporal de cada uno de los granos sonoros, fue con la valiosa colaboración del programador francés Laurent Pottier quien en el año 2003 escribió un ensayo acerca de él llamado: *Le controle de la Synthèse microsonore. "Transiciones de fase" de Manuel Rocha Iturbide*.

²² En la música electroacústica o instrumental un proceso estocástico es un proceso con variables *aleatorias* controladas. Una distribución probabilística con variables generalmente finitas. La raíz de la palabra proviene del griego *stochos*, que es una meta, un intento de llegar a un lugar específico. Podríamos decir que una caminata aleatoria en la que sabemos que queremos llegar a un fin específico es una caminata estocástica, que además podemos realizar varias veces desde un punto A hasta un punto B, pasando por distintos caminos y viendo por lo tanto distintas cosas.

²³ Gleick, J. (1987). *CHAOS. Making a new science* (p. 127). New York: Penguin Books.

transiciones de un estado al otro en la obra constituyen una metáfora de los procesos Caóticos en donde vamos de la regularidad a la irregularidad, de la certeza a la incertidumbre, de la estabilidad a la inestabilidad, del orden al desorden. Las teorías del caos me inspiraron también para crear la estructura total de la obra que es una especie de fractalización o ecuación de auto similaridad en distintas escalas, a partir del radio 3:2 (o 2:3 en orden invertido), representado en las duraciones de las secciones, las frases, las células rítmicas, etc. El material melódico en cambio surgió del análisis espectral de los *slaps* de la tuba y del trombón²⁴.

Mis ideas musicales desarrolladas en *Transiciones de Fase* sacadas de las teorías del caos son compatibles con algunos principios cuánticos. Por ejemplo, las transiciones de fase abruptas y discontinuas entre los diferentes estados sonoros de la obra son análogos al fenómeno de los saltos cuánticos discretos que realizan los electrones desde una órbita a otra de un átomo de manera azarosa, en el mundo subatómico de la materia. Por otro lado, la idea de juntar y yuxtaponer los estados musicales opuestos por medio de un *Continuum*, así como la idea de crear una estructura global fractal uniendo la microestructura del sonido (timbre) con la macroestructura de la obra (tanto en el nivel frecuencial: timbre = melodía y armonía²⁵, como en el nivel temporal: el radio 3:2 aplicado en toda la gama de las duraciones)²⁶, son ideas también análogas a ciertas nociones cuánticas como la de la complementareidad (Figura 2).

²⁴ Estos *slaps* tienen un carácter Caótico, ya que el instrumentista no tiene un control sobre el resultado sonoro. Entonces, dos *slaps* producidos por el mismo interprete con la misma nota e intensidad dan como resultado un espectro tímbrico distinto en cada sonido.

²⁵ Los resultados de los análisis espectrales de los *slaps* sirvieron para deducir las melodías y las armonías de la obra, es decir, las relaciones frecuenciales entre los diferentes parciales de cada análisis fueron tomadas en cuenta, y a partir de aquí hice una selección de intervalos con los que trabajé. Incluso los sonidos de síntesis de algunas partes de la obra fueron creados a partir del análisis del timbre de los *slaps*. En la segunda sección (de carácter lineal) por ejemplo, desarrollé una evolución espectral por medio del análisis-resíntesis de distintos *slaps*, con el programa de síntesis sonora *Modèles de Résonance* desarrollado en el IRCAM; a partir de esos sonidos, deduje qué notas tendría que tocar cada instrumento a lo largo de esta sección.

²⁶ La aplicación del radio 3:2 en el nivel micro comienza con la relación entre la duración de dos notas, luego aplico este radio a los motivos rítmicos, a las frases y finalmente a las cinco secciones de la obra que constituyen el nivel macro más global (en donde 3 secciones son lineales y 2 secciones son no lineales).

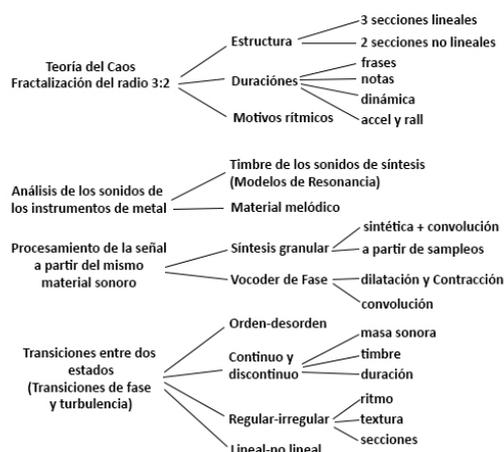


Figura 2. Plan estructural de *Transiciones de Fase*. En esta obra el nivel micro está conectado con el nivel macro

En *Transiciones de Fase* hice uso de la síntesis granular en solo una de las cinco secciones de la obra. Esta sección (la cuarta), constituye el clímax de la composición, y es el lugar en donde la parte electroacústica sin instrumentos es protagonista. Mi idea principal era crear un estado sonoro masivo a partir de los ataques de instrumentos de metal, y la manera de hacerlo fue creando distintas nubes granulares asincrónicas que luego mezclé. La idea o metáfora de una nube granular fue concebida por el compositor e investigador Iannis Xenakis a principios de los años cincuenta²⁷:

En los límites humanos y por medio de manipulaciones de toda naturaleza de estas nubes de granos, podemos producir no solamente los sonidos de instrumentos clásicos, cuerpos elásticos y en general sonidos como aquellos utilizados en la música concreta, sino también conmociones sonoras con evoluciones inauditas e inimaginables hasta el día de hoy. Estas estructuras de timbres y de transformaciones están asentadas sobre bases que no han tenido un carácter común con todo lo que conocemos hasta el día de hoy.²⁸

El plan formal de las evoluciones de estas nubes fue diseñado antes de crear los sonidos de acuerdo con un proceso muy particular que efectué entre los sonidos instrumentales y los sonidos granulares. Este proceso comienza en el final de la

²⁷ Xenakis desarrolló las ideas de música a partir de granos sonoros en su tesis de doctorado realizada a principios de los años cincuenta. La idea de Xenakis fue crear las bases teóricas para la composición de sonidos complejos a partir de una distribución aleatoria constituida por miles de granos sonoros en el tiempo. A esta distribución la llamó aleatoria: 'una nube de puntos que evoluciona'. Esta teoría nos permite crear nubes granulares con una extensión de frecuencia y amplitud que están fuera de nuestro campo de escucha, pero Xenakis hace una referencia a los límites psico acústicos establecidos antes por Gabor y Moles. Teniendo en cuenta estos límites, Xenakis llegó a la conclusión de que a través de los principios cuánticos del sonido era posible la creación de sonidos completamente nuevos. Xenakis, I. (1971). *Formalized music* (p. 47). Bloomington: Indiana University Press.

²⁸ *Idem.* p. 47.

tercera sección (de carácter no lineal), que constituye la parte más Caótica y compleja de esta composición. De este caos²⁹ de carácter discontinuo, en donde los cuatro instrumentos de metal tocan distintos intervalos y ritmos complejos, entran en un proceso en donde poco a poco se simplifican y comienzan a converger en una misma nota. A partir de esta nota, que es tocada primero con ritmos de carácter estocástico, puntuales y con ataques cortos, emerge una nota de síntesis granular (con macro-granos, que son lo mismo que notas cortas de entre 100 y 300 milésimas de segundo) con la misma frecuencia y que suenan de manera similar a los ataques de los instrumentos. Luego, los sonidos instrumentales comienzan a desaparecer haciendo ruidos de aliento combinados con *slaps*, y los ataques sintéticos macro granulares se convierten paulatinamente en sonidos continuos y densos. Entonces, las nubes de síntesis granular con granos más pequeños, comienzan a entrar en juego y se transforman poco a poco en sonidos más densos, mientras que sus granos se van haciendo cada vez más diminutos; al mismo tiempo, los granos de algunas nubes modulan progresivamente sus frecuencias³⁰ hacia los agudos, hasta llegar a un punto culminante.

Una de las características más interesantes de este macroproceso granular³¹ (Figura 3) es que su textura es muy contrastada. La razón es que algunos sonidos granulares fueron creados a partir de la convolución entre nubes granulares conformados por granos sintéticos y diferentes sonidos de instrumentos de metal (un ataque normal, viento dentro del instrumento, etc.). Estos sonidos son a veces "acuáticos", y otras veces se convierten en una especie de ruido blanco reverberado y coloreado. Las otras nubes granulares fueron creadas a partir de ataques de sonidos metálicos efectuados por los distintos instrumentos (trompeta, corno, trombón y tuba), pero cada nube tuvo como fuente de origen un solo *sampleo* en el que el espectro fue transpuesto varias veces hacia los agudos por medio de un algoritmo de *pitch shifting*. A partir de estas transposiciones, pude efectuar procesos granulares hacia frecuencias agudas para luego hacerlos descender. Metafóricamente, la transposición espectral del proceso global que realicé es análogo a la variación de parciales en la técnica de los cantos de Mongolia, en donde el movimiento de la boca efectúa un filtraje formántico que acentúa los armónicos agudos o graves de la nota cantada. Es por esto por lo que en el proceso de transposición de la técnica *pitch shifting* se modifican todas las frecuencias del espectro de un sonido (hacia arriba o hacia abajo) volviéndose inarmónicos.

Una vez que la transposición espectral de los granos desciende, los instrumentos entran otra vez con sonidos de aliento (viento) y *slaps* (comienzo de la quinta sección no lineal), y finalmente con ataques que se vuelven más claros y fuertes³²

²⁹ En las distintas teorías del caos, los estados caóticos no constituyen un desorden entrópico (la idea del caos en la filosofía, las religiones y las ciencias de la antigüedad era de un desorden total), sino de un orden complejo de carácter no lineal.

³⁰ En realidad, lo que cambian son las frecuencias de los parciales de estos granos que se vuelven cada vez más agudas gracias a una transposición espectral.

³¹ Un macro-proceso granular es todo el conjunto de nubes granulares que fueron mezcladas.

³² Estos ataques constituyen la misma nota del comienzo del (Fa#). Podemos decir que este Fa# constituye la nota fundamental del macro proceso-granular. A partir de ella se construye una

y que se transforman poco a poco en células rítmicas compactas, pero siempre separadas por distintos espacios de silencio. Hay un momento en que estos motivos rítmicos son grabados por la computadora y luego vuelven a sonar en un sistema de altavoces octofónico, con diferentes retardos, creando así una especie de nube instrumental conformada por pequeñas células rítmicas-melódicas (y no por notas aisladas). Esta nube se vuelve cada vez menos densa hasta que la obra termina.

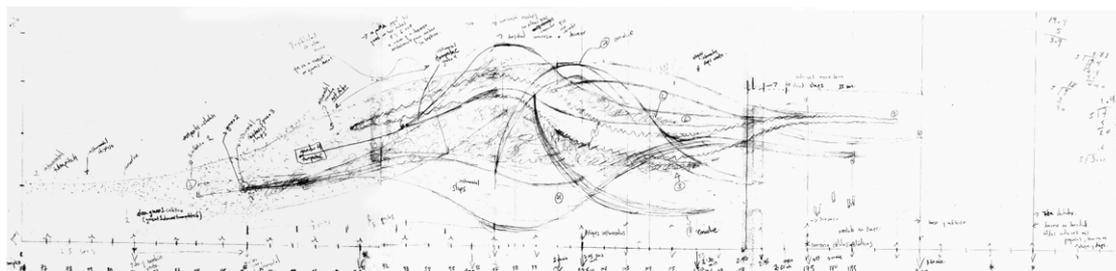


Figura 3. Plan estructural para la creación del macroproceso granular de la cuarta sección (lineal) de *Transiciones de Fase*

En la secuencia del macroproceso granular sintético con la "nube" instrumental de la última sección, podemos ver que el micro-grano sintético se convierte en un macro-grano instrumental. De esta manera, pude establecer un puente entre la electrónica y la escritura de los instrumentos, ya que una estética cuántica de la complementareidad no puede limitarse a existir en un solo campo (el de la electrónica o el instrumental); es necesario que esta establezca puentes entre estos dos campos tan distintos.

Transiciones de Fase es una obra integral, en la que todos los aspectos son coherentes; es orgánica, basada en varias teorías del caos, y es igualmente cuántica. Esta obra fue una base importante para la música que compuse en los siguientes años, ya que el diálogo entre la electrónica y los instrumentos, así como la interrelación de una gran diversidad de estados sonoros opuestos pero complementarios, constituyó mi primer ejercicio cuántico intuitivo³³. Las siguientes composiciones electroacústicas mixtas que hice no se parecieron formalmente a esta obra, ya que el orden en el tiempo de todos estos elementos, su yuxtaposición, su superposición, o su unión, han tenido siempre diferentes características. Además, hay otras ideas en las teorías cuánticas que no desarrollé aquí, pero de algún modo, a partir de este momento seguí utilizando distintas nociones desarrolladas en mi tesis doctoral, no solo para componer música o hacer obras de arte de carácter sónico, sino también para analizar obras musicales de otros autores, como a partir de la noción de lo continuo versus lo

masa sonora que asciende a causa de la transposición hasta llegar de nuevo a un Fa# varias octavas arriba. En la segunda sección en la que realicé una síntesis espectral a partir del análisis de sonidos de *slaps* y de ataques, también utilicé la frecuencia de varios Fa#.

³³ Digo intuitivo ya que los elementos cuánticos con los que había trabajado no los tenía concientizados.

discontinuo, que es la esencia de una *partonda* (un electrón que es partícula y onda al mismo tiempo) y su relación con una obra musical: continuo hacia lo discontinuo o viceversa, los dos estados yuxtapuestos, saltos cuánticos de un estado al otro, etc.

3.2 *SL-9*

Después de terminar el curso de composición e informática en el IRCAM comencé a trabajar en mi doctorado. Una de las metas de mis primeras investigaciones fue familiarizarme con las diferentes técnicas de la síntesis granular³⁴. En agosto de 1993, conocí a Barry Truax en el simposio internacional de ecología acústica que tuvo lugar en Banff Canada³⁵. Le hablé de mi interés por trabajar con su sistema de síntesis granular en la Universidad de Simon Fraser en Vancouver, y me invitó a realizar una composición en el estudio electroacústico durante el verano de 1994, en donde pude trabajar con distintos programas que él había desarrollado para crear una obra para cinta sola que titulé *SL-9*. Mi idea inicial fue hacer una composición electroacústica completamente granular a partir de sonidos grabados de la naturaleza. *SL-9* es el nombre del cometa que se estrelló contra Júpiter en 1994. En esta obra, utilicé programas de granulación temporal de Truax basados en un sistema de procesamiento de señal DSP DMX-1000 controlado por un sistema informático *PDP Micro 11*. Los *samples* que escogí para hacer granulaciones temporales fueron brasas de fuego crepitantes y gotas de agua que caen. La estructura de la obra estuvo basada sobre la idea programática siguiente: el comienzo de la vida en un planeta se origina por el accidente del choque de un cometa (algunos cometas tienen hasta 50% de agua, un elemento que probablemente traerá vida a ese planeta). Los sonidos de fuego, que evocan la explosión, y los sonidos de las gotas de agua (ambos muy cortos, de entre 100 y 300 milésimas de segundo), fueron estirados mediante una granulación temporal para crear procesos en los que podemos descubrir su microestructura interna al convertirse en una macroestructura temporal. Los micro-procesos del sonido son usados como una metáfora sobre los procesos químicos iniciados por la explosión de un cometa con un planeta que podría desarrollar vida orgánica.

En los micro-procesos granulares de *SL-9*, encontré texturas sonoras muy interesantes que cambiaban en el tiempo de manera orgánica y plástica. Ahora bien, para poder crear estas texturas fue necesario producir sonidos granulares con duraciones largas que se volvían estáticos. Al mezclarlos con la ayuda de una grabadora de cintas de ocho canales, pude generar un *Continuum* complejo e inmersivo, aunque en detrimento de la estructura musical de la obra global que se volvió un poco monolítica³⁶.

³⁴ En el IRCAM yo ya había desarrollado un programa de síntesis granular asincrónica utilizando granos sintéticos y otro de síntesis granular a partir de distintos *samples* utilizando las ideas del compositor e investigador Norteamericano Curtis Roads.

³⁵ Este simposio internacional (*The tuning of the world*) fue organizado alrededor del compositor, pedagogo e investigador canadiense Murray Schafer, uno de los precursores de las teorías del paisaje sonoro.

³⁶ Solamente en el comienzo percibimos un cambio claro en la estructura formal de la obra. *SL-9* empieza con un ruido estático de radio, y luego con la granulación temporal de varios sonidos de brasas de fuego crepitantes que conforman una nube granular ruidosa, y que sube hacia las

En cada técnica de síntesis podemos encontrar distintas tendencias estéticas musicales. Por ejemplo, en la síntesis aditiva es muy común producir sonidos espectrales largos. En la granulación temporal, que explora la microestructura de un timbre, corremos con el peligro de volvernos esclavos del sonido al crear texturas largas y casi inmóviles. Esta fue mi experiencia personal al usar la técnica de granulación temporal en tiempo real de Barry Truax³⁷, y mi composición *SL-9* es la prueba. La existencia de composiciones con estructuras monolíticas es válida, y pienso que en general tanto en la música instrumental como en la electroacústica, buscamos estéticas con elementos diversos y contrastantes, o bien abiertas que puedan permitirnos crear distintas formas y estilos musicales. Sin embargo, podemos combinar en un mismo discurso musical una sección monolítica de carácter textural, con una sección contrastada en la que explotemos el aspecto rítmico y frecuencial, y en ese momento, podríamos reencontrar el equilibrio cuántico perdido. De hecho, en mi primer plan para la realización de esta obra, pensaba tener dos movimientos diferentes. La idea central de un segundo movimiento fue la de crear sonidos granulares a partir de sonidos de animales³⁸. Para esta sección quería utilizar otras técnicas de síntesis granular, porque buscaba resultados sónicos discontinuos, así como procesos entre lo continuo y lo discontinuo. Esta sección nunca fue realizada.

3.3 *Móin Mór*

En 1995, el IRCAM me contrató para realizar un proyecto de investigación para crear un programa de síntesis granular a partir de granos formánticos (FOF's) con la colaboración de Gerhard Eckel. Dos años antes recibí una invitación para participar en la exposición *Distant Relations* (Relaciones Distantes) que fue inaugurada también en 1995, en dos galerías en el Reino Unido y en el Museo de Arte Moderno de Dublín, en Irlanda. El objeto de la invitación que me hicieron fue hacerme un encargo para realizar una obra electroacústica basada en la relación entre México e Irlanda, ya que en esta exposición se presentaron los trabajos de artistas de estos dos países. La idea principal de la curadora Trisha Ziff, fue la de sacar a relucir la difícil relación de México e Irlanda con sus países

frecuencias agudas para luego descender de nuevo. Esto se debe a un cambio drástico de frecuencia en la micro-estructura de las crepitaciones. Entonces, la micro-estructura de estos pequeños sonidos explosivos me permitió evocar la explosión a gran escala de un cometa contra Júpiter.

³⁷ El hecho de que los procesos de síntesis de esta técnica se pudieran efectuar en tiempo real ayudaba a que se experimentara una inmersividad con los procesos macro-granulares, lo que puede conducir a que el compositor olvide lo que realmente quiere lograr. No obstante, esta técnica sería idónea en la actualidad para hacer improvisaciones. Hasta la fecha no conozco las razones por las cuales Barry Truax no implementó sus programas en las computadoras personales del presente que son extremadamente potentes.

³⁸ Los sonidos de diferentes animales contienen elementos de frecuencia más claros que las gotas de agua y que las crepitaciones de brasas de fuego. Por otro lado, con algunos sonidos como el canto de los pájaros, las cigarras, las ranas, etc., hubiera podido hacer nubes granulares estocásticas más coloridas, y evocar de este modo las evoluciones entre un miembro o un grupo de miembros. También, hubiera podido establecer un juego rítmico y estocástico en el nivel macro-granular, contrastante con los procesos micro-granulares. Años más tarde hice la obra electroacústica *Ecosistemas* (2007) para seis canales evocando a distintos grupos de seres vivos, pero en donde no realicé granulaciones.

vecinos, EUA y el Reino Unido. Decidí entonces hablar de manera metafórica del drama de Irlanda, un país dividido en dos, y un territorio que perdió una parte de su identidad debido al histórico colonialismo inglés.

Hacer música a partir de conceptos e ideas que pertenecen a otros campos es un recurso usado por los compositores desde hace varios siglos. Estas ideas se pueden traducir directamente en música, o bien pueden ser usadas solamente como fuente de inspiración, en una relación indirecta con ella. El elemento central de esta obra fue el lenguaje, substancia de comunicación que caracteriza a una cultura determinada. El lenguaje está construido a partir de sonidos y de significaciones, a partir de un ritmo (pausas) y de la combinación sónica de las palabras (signos); esto es lo que constituye el paradigma de la obra. El título de ella, *Móin Mór*, fue tomado de un poema gaélico anónimo del siglo VIII escrito por monjes cristianos de Irlanda. Casi todos los sonidos a partir de los cuales hice esta obra fueron grabados durante mi estancia en Irlanda del Norte y la República Irlandesa en 1993³⁹, mientras que algunos otros fueron grabados en París con la ayuda de un poeta irlandés inmigrante quien recitó el poema anónimo del siglo VIII⁴⁰ que usé, así como sus propios poemas en idioma gaélico.

Al mezclar sonidos naturales, la palabra hablada y los sonidos grabados de la vida cotidiana, intenté hacer una obra que recreara las realidades conflictivas de la vida contemporánea irlandesa. La pieza comienza con la voz deconstruida recitando los poemas en Gaélico, usando tan solo los sonidos consonantes del lenguaje que suenan de manera análoga a algunos elementos de la naturaleza como el viento, un elemento central en la cultura irlandesa. La voz regresa luego con una forma cambiada, con una resonancia pedregosa (gracias a su granulación) que recita el poema irlandés del siglo VIII para representar el espíritu de la antigua cultura celta.

La obra va adquiriendo *momentum* pudiéndose percibir sonidos transformados de la vida cotidiana y un violín irlandés granulado. La deconstrucción de la voz está hecha ahora de células o motivos fonéticos más largos, y un nuevo lenguaje más articulado suena como un hombre desesperado que intenta dar significado a algo incomprensible. De pronto, una nueva voz entra, un niño hablando en inglés que ríe, -you're a bum, you're a bit of a bum, a bit of a bumy (eres un tonto, bastante tonto, bastante tontito). El niño representa a una nueva generación de gente joven, muchos de los cuales no hablan ni valoran la lengua gaélica y son indiferentes a su pasado.

³⁹ Viajé a Irlanda en 1993 sólo para grabar los sonidos destinados a ser utilizados en esta obra. La mayoría de los sonidos fueron grabados en bares (Pubs), lugares muy vivos en donde podemos escuchar la música tradicional gaélica de Irlanda.

⁴⁰ Este poema gaélico fue escrito por un monje irlandés. Los poemas del siglo VIII tenían la característica de ser muy cortos (casi como un Haiku) y de describir la naturaleza. He aquí el poema completo con el título de *Móin Mór* (la razón por la cual titulé mi obra así) y su traducción al castellano: “*dar ind adaig I Móin Mór, feraid dertain ní deróil, dorddán frishtip in gahigon, géssid ós chaille clithar*”. “*Fría es la noche en Móin Mór, la lluvia se desborda en torrentes, un profundo rugido contra el viento que ríe alto, sonidos del bosque protector*”.

La obra termina con las palabras deconstruidas del poeta, ahora usando las vocales mezcladas luego con el sonido del océano. Al final, un isleño de las Aran, un viejo poeta que conocí y que apenas hablaba el inglés, recita su propio poema gaélico, casi cantando. Para mí, esto representa una esperanza de que la lengua irlandesa no se perderá en el mundo contemporáneo.

Es evidente que esta composición tiene un carácter programático. No existió un plan estructural ya que la obra se fue haciendo sola con el desarrollo de los elementos de la historia que se iba construyendo. Sin embargo, la idea de realizarla a partir de un lenguaje deconstruido, pero, sobre todo, con las técnicas que decidí usar para transformar los sonidos, fueron elementos determinantes para la generación de la estructura de la pieza⁴¹. Ya que yo ya había trabajado mucho con varias técnicas de síntesis granular, y como estaba desarrollando un nuevo programa de síntesis granular formántica en el IRCAM, decidí usar todas estas herramientas de música por computadora. Además, la granulación de la palabra fue la técnica idónea para realizar su desintegración, y, por otro lado, los sonidos de la granulación resultante me permitieron acercarme más al lenguaje a la naturaleza⁴².

En esta obra, la relación entre las técnicas y la estética es estrecha; cuando queremos crear un proceso sonoro con ciertas características, debemos buscar la técnica adecuada. Por ejemplo, para poder crear los sonidos del comienzo de la obra, en donde hay sonidos de consonantes de la lengua gaélica granulados que evolucionan y que evocan al viento, tuve que usar una síntesis granular casi sincrónica⁴³ a partir de distintos *samples*. Corté las distintas consonantes de las palabras de las poesías gaélicas grabadas para agruparlas después: las diferentes *s* en un grupo, las diferentes *sh* en otro grupo, luego las *ch*, las *c*, las *q*, las *r*, etc. Enseguida, efectué procesos granulares con mi programa de síntesis granular a partir de *samples*, creando interpolaciones entre los diferentes grupos. Finalmente, mezclé los distintos procesos con el fin de producir la primera sección de la obra que simula un fenómeno sonoro natural del ruido del viento

⁴¹ Estas son las notas de la obra que conciernen a las técnicas utilizadas: Usé la técnica de síntesis granular en tres modalidades distintas. Algunos sonidos fueron transformados en el sistema de Barry Truax en la Universidad de SFU en Vancouver, otros sonidos fueron transformados en la estación ISPW del IRCAM usando FOF's como granos fundamentales con un programa diseñado por mí (Gist) con el programa MAX. Los otros sonidos granulares fueron hechos con *Csound* y *Patchwork*. Además de síntesis granular, use convolución y filtros reverberantes para transformar sonidos concretos. La obra fue mezclada en el IRCAM. *Móin Mór* ganó una nominación en el concurso de música electroacústica de Bourges en 1996, y el segundo premio del concurso *Russolo* en 1997.

⁴² Los sonidos que surgen de la granulación de la palabra son parecidos a los sonidos de la naturaleza, como los sonidos de la lluvia y del viento descritos en el poema *Móin Mór*, sin embargo, la cercanía entre la lengua y la naturaleza se establece claramente con las consonantes granuladas, ya que ellas poseen un carácter ruidoso. Por otro lado, con la granulación de las vocales, podemos reconocer de manera inevitable la presencia humana debido a las características de su espectro formántico.

⁴³ La idea de la *casi sincronización* en las técnicas granulares fue concebida por Curtis Roads a finales de los años noventa: se trata de granulaciones continuas que tienen tropiezos, discontinuidades, como un borracho que camina en línea recta pero que de cuando en cuando se detiene y se sale de la línea casi cayendo al piso, para luego intentar continuar caminando en línea recta.

contra los árboles, y que termina con las *r* repetidas cada vez de manera más continua, convirtiéndose en un ruido análogo al sonido de un helicóptero o de un avión que despega para volar como un pájaro (Figura 4).

También usé otras técnicas de síntesis granular no creadas por mí, ya que tenía necesidad de explorar otros aspectos sonoros. Cuando trabajé en la Universidad de SFU en Vancouver, Canadá, con el sistema de Barry Truax en 1994, aproveché para comenzar a crear algunos sonidos para *Móin Mór*. Una de las técnicas de Truax, muy simple en su concepción, me pareció muy interesante ya que permitía la creación de sonidos continuos con una modulación de amplitud resultante. Es decir, el programa congelaba el punto de lectura del *sampleo* en un punto fijo mientras que la lectura de los granos (o macro-granos, ya que el período de lectura era bastante largo) se hacía de manera completamente sincrónica y continua⁴⁴. De este modo, granulé sonidos de un ataque de violín irlandés tradicional, que luego usé en mi obra. Cuando escuchamos estos sonidos en la composición, imaginamos a un violinista tocando un trémolo, ya que los granos (o macro-granos) son de una duración de 100 milésimas de segundo. No obstante, la calidad del timbre producido por la amplitud modulada⁴⁵ da un resultado resonante y rico muy distinto del timbre de un trémolo de un violín real.

Estos sonidos sincrónicos y continuos son estáticos, pero se convierten en un fondo rico e interesante cuando sobreponemos eventos sonoros cortos, dinámicos y vivos, como los sonidos de un bar irlandés: los gritos de las personas, los vasos y los platos que chocan, etc. Otra técnica granular que usé en esta obra fue la lectura granular de sonidos con un programa de Barry Truax basado en una computadora Atari. Con ella, granulé el canto a capela de un trovador irlandés, realizando un control estocástico sobre la lectura de los granos. El resultado fue igualmente un sonido estático y continuo, pero aquí la textura y el ritmo fueron mucho más ricos. La mezcla estocástica y continua entre las vocales y las consonantes del canto nos dan la impresión de escuchar un paisaje de colinas hechas de voces humanas. Una vez más, este sonido en sí mismo podría ser muy tedioso, pero las «colinas humanas» me sirvieron para efectuar una transición entre la segunda y la tercera sección de la obra. Metafóricamente hablando, es como si cruzáramos montañas en un avión y como si el paisaje de un lado de ellas fuera completamente distinto al del otro lado.

⁴⁴ Cada vez que apretaba dos veces la barra de espacios del teclado, la lectura volvía a comenzar y se paraba de nuevo sobre un punto nuevo de lectura. Esto permitía encontrar con más facilidad los sonidos granulares sincrónicos más ricos e interesantes.

⁴⁵ El tipo de envolvente de lectura de granos (o macro-granos) además de su duración, producen los efectos de amplitud modulada característicos de la síntesis granular, añadiendo dos bandas de frecuencia sobre cada parcial (armónico) del espectro del grano leído.

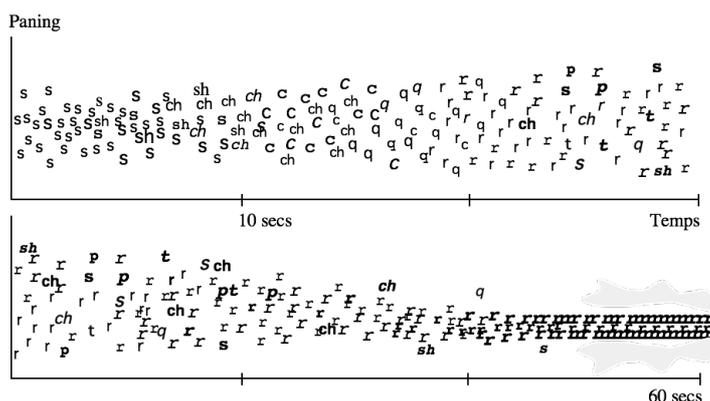


Figura 4. Macroproceso granular del comienzo de *Móin Mór* en donde utilizo los distintos sonidos de consonantes extraídos de las palabras gaélicas grabadas

A pesar de su aspecto programático, *Móin Mór* es una obra interesante desde el punto de vista de su estructura musical, ya que ella contiene estados sonoros diversos (de texturas y de frecuencias), pasajes de lo discontinuo a lo continuo, y sonidos del medio ambiente sonoro (de la naturaleza) casi en su estado original y completamente transformados. Esta es una obra orgánica en la que diversas capas sónicas y diversos signos se sobreponen, creando de este modo estados de ambigüedad (tanto en su sonoridad como en lo simbólico) y que permiten distintas interpretaciones por parte del escucha. Esta ambigüedad existe en el campo sonoro cuando los sonidos del lenguaje se confunden con la naturaleza salvaje, pero existe también en el plano simbólico. De esto me di cuenta cuando un día le pedí a un amigo que escuchara la obra sin contarle nada del aspecto programático. Luego de escucharla, construyó una historia con la cual se sentía identificado. Imaginó a un hombre en conflicto constante, y a su lucha interna entre las caras contradictorias de su personalidad. Finalmente, su niño interno pudo salir de su subconsciente gritando, -ya basta, para ¡Después de esto el hombre se relajó y pudo finalmente liberarse (el ruido de un océano interviene en este punto de la composición), y al final, una nueva voz, su voz verdadera, comenzó a cantar!

La ambigüedad es un elemento rico y fundamental en el arte, es cuántica, ya que un electrón es partícula, pero también es onda. Las dos cualidades de la materia se confunden, lo continuo es discontinuo y lo discontinuo es continuo⁴⁶. Componiendo *Móin Mór* no me inspiré en ninguna teoría científica, pero al analizarla ahora puedo encontrar todas mis obsesiones cuánticas y caóticas, no solamente en la estructura sonora, sino también desde el punto de vista simbólico⁴⁷.

⁴⁶ Para crear un estado continuo es necesario repetir un elemento discreto; esto representa un acto de discontinuidad. Por otro lado, el ruido blanco es construido por una discontinuidad global de todas las frecuencias audibles, pero la sensación auditiva de este ruido es la de un *Continuum* estable.

⁴⁷ Estas obsesiones cuánticas relacionadas a la paradoja de la Partonda (Waveicle) existieron en mi psique mucho antes de que yo conociera las teorías de la física cuántica. En 1978 hice una o dos sesiones de terapia con un discípulo de Carl Gustav Jung que vivía en México, el suizo Jean Dudain. En una de las sesiones Jean leyó distintas imágenes de mi subconsciente, su capacidad

4. La estética cuántica en la música instrumental

4.1 Condensación B-E

Un año antes de hacer el examen de mi tesis doctoral (1998), recibí un encargo del Festival Internacional Cervantino para hacer una obra instrumental para violín, viola, violonchelo, flauta, clarinete y percusión. Mi idea principal fue basarme en una teoría conjunta de Albert Einstein y Satyendra Nath Bose (Condensado de Bose Einstein), en la que la energía interna de un sistema disminuye hasta llegar a temperaturas muy frías, modificando la velocidad de sus componentes. A temperaturas cercanas a 0 grados Kelvin, se puede alcanzar un nuevo estado de agregación de la materia, es decir, un quinto estado (que no es ni gaseoso, líquido, sólido o plasma) en el que se observan distintos efectos cuánticos a escala macroscópica.

Las partículas en el mundo de la naturaleza son de dos tipos básicos, los fermiones y los bosones. Los fermiones son las partículas antisociales e individualistas que se combinan para crear la materia, y los bosones las que llevan las fuerzas energéticas indispensables para la cohesión de la materia. En un *Condensado Bose-Einstein*, los bosones son las partículas encargadas de que la materia se comporte repentina o gradualmente en una unidad ordenada. En *Condensación B-E*, le di un papel protagónico a los dos instrumentos de aliento, la flauta y el clarinete. Mediante la realización de análisis espectrales de diferentes sonidos de ambos instrumentos, deduje distintos grupos de sonidos a partir de los cuales desarrollé el material melódico y armónico de la pieza. Por otro lado, el grupo de cuerdas y la percusión fueron los instrumentos encargados de fusionar y de catalizar el material musical desarrollado a partir de los espectros de los dos instrumentos de aliento.

Estructurar una composición a partir de esta idea me parece al día de hoy muy interesante, pero en realidad, a la hora de diseñar la forma de *Condensación B-E* me guié por mi intuición, imaginé la obra entera en una sola sesión en la que escribí sus características generales, y en una segunda etapa me dediqué a desarrollar los materiales y a escribirla en detalle ¿Habrán realmente influido estas ideas cuánticas previas al acto creativo de imaginar los sonidos y su movimiento temporal?, no lo sé. Esta fue la última composición que intenté hacer a partir de una estructura cuántica clara, pero hubo una más que realicé trece años más tarde en donde utilicé un principio cuántico muy simple, el de los saltos cuánticos.

psíquica le permitía ver escenas, como si fueran películas. He aquí una de las escenas: “Hay una planta, un alcastraz, que no está bien plantada. Alrededor de ella circulan hormigas rojas y negras en direcciones opuestas. Las hormigas se vuelven pequeñas y grandes, como un corazón que papita. De pronto, las rojas son mujeres y las negras son hombres, y luego al revés...el movimiento de las hormigas comienza a volverse compulsivo, como si quisieran lograr un equilibrio. Finalmente se convierten en globos que explotan”. Aquí es clara la imagen andrógina del alcastraz y los opuestos sexuales también representados por las hormigas, en este caso en conflicto hasta llegar a la explosión. Para mí lo andrógino es esta Partonda con doble sexo que se comporta de uno u otro modo sin avisar.

4.2 *Irregularidades Transitorias*

En la música de Xenakis, pero también en la música en general, tenemos muy seguidos saltos discontinuos y abruptos en el tiempo (es decir, variaciones o alteraciones abruptas) que nos parecen a veces bruscos e inesperados. De hecho, es gracias a esta sorpresa que podemos sostener el interés sobre la información musical recibida (Stockhausen, 1958). Sin embargo, en Xenakis el estado musical surgido del cambio abrupto no tiene una relación aparente con el estado precedente, y esto constituye un elemento muy importante en su estética⁴⁸.

La estética de saltar de un estado sónico o musical a otro de manera abrupta y espontánea fue empleada por Iannis Xenakis en muchas de sus obras. Para el compositor, en el hinduismo y en el budismo existen oraciones contiguas que difieren marcadamente en contenido, y no es necesario establecer líneas conectoras, ya que existe un vínculo obligado entre estos distintos estados. Del mismo modo, existe una relación entre los distintos trazos o patrones encontrados (unos contra otros) en distintas pinturas abstractas de Kandinsky, Malevich y Mondrian⁴⁹.

Mi obra *Irregularidades Transitorias* (2011), para gran ensamble de alientos, metales, cuerdas y percusión, fue concebida a partir de una antigua idea que tuve en la que me interesaba generar procesos musicales análogos a situaciones de la realidad, como los cambios de valor de las acciones de una gran empresa o de los recursos naturales (el petróleo), que son más o menos continuos y estables, pero que en un momento dado casi azaroso pueden sufrir una alteración drástica (el gran crack económico mundial de 1929, por ejemplo). Otro proceso similar podría ser una conglomeración masiva de gente que circula lentamente, y en donde por algún factor aleatorio surge de pronto el miedo y se desata una estampida. Estos cambios drásticos podrían interpretarse como saltos cuánticos abruptos en momentos completamente inesperados. En esta composición no hice ninguna referencia literal a fenómenos naturales, pero creé, en cambio, procesos más o menos cortos que cambian rápidamente, de manera orgánica, y que espontáneamente se revientan o terminan abruptamente dando lugar a otros procesos nuevos. Podemos situar estas pequeñas secciones que cambian de manera instantánea en medio de los dos extremos de la paradójica cuántica, entre el carácter ondulatorio y continuo del electrón (armónico-espectral), y su carácter de partícula discontinua (puntillismo, rítmica estocástica).

¿Cómo conciliar estos cambios bruscos y drásticos, y la casi indiferente secuencia de estados en los que siempre existe una mezcla entre lo continuo y lo discontinuo? a veces tirando hacia un polo, a veces hacia el otro. Mi intención en esta composición fue la de demostrar que la paradoja del cuánto contiene en sí misma su propia solución. Lo regular transita y se rompe de manera irregular, y las irregularidades transitan de manera continua, o bien surgen tan solo de tanto

⁴⁸ Rocha Iturbide, M. (2017). La composición musical a través de una visión cuántica del sonido. En J. Pablos (Ed.), *Desde la escucha. Creación, investigación e intermedia* (pp. 127-142). Ciudad de México: Juan Pablos.

⁴⁹ Varga, B.A. (1996). *Conversations with Iannis Xenakis*. London: Faber and Faber.

en tanto, como demostrando que nunca podremos confiar en la estabilidad, ya que en cualquier momento podría surgir un accidente que cambie drásticamente el curso de las cosas. En *Irregularidades transitorias* hice uso de un ensamble con casi todos los instrumentos de base de la orquesta (uno de cada uno), teniendo así la posibilidad de alternar mezclando los tres distintos grupos instrumentales básicos: maderas, metales y cuerdas, y en donde la percusión funge a veces como el elemento que además de sostener y apuntalar, se vuelve de tanto en tanto el actor del prólogo shakesperiano que intenta hacer comprensible una padecería estructural aparentemente desconectada⁵⁰. Al final del día, esperarí que cualquier orden de las distintas imágenes sónicas creadas (me refiero a los mosaicos rotos) podrían tal vez cobrar sentido gracias a esos rompimientos que nunca quisiéramos que ocurran⁵¹, pero que al final de cuentas son los que nos dan vida e impiden que caigamos en un estancamiento entrópico, estatismo análogo a un estado comático.

5. El arte sonoro y la estética cuántica

Desde un punto de vista estético, los sonidos granulares son muy potentes porque provocan en el escuchante sensaciones relacionadas con organismos vivos unicelulares (micro-granulaciones casi sincrónicas⁵²); procesos resultantes de transformaciones físicas de la materia de carácter discontinuo (como plantas que explotan de manera estocástica, granos de maíz calentados que se convierten en palomitas, el efecto sónico producido por la cerámica al abrirse el horno en la que fue cocinada, provocando dilataciones que producen un puntillismo de micro explosiones armónicas que van de lo continuo a lo discontinuo⁵³, etc.); grupos de seres vivos en movimiento (como hordas humanas en estampida, enjambres de insectos, bandadas de pájaros, bancos de peces, etc.); pero también pueden evocar estados suspendidos y estáticos de carácter continuo por medio de la síntesis granular sincrónica (como los sonidos de una lluvia constante y homogénea, las semillas en movimiento de un palo de lluvia, etc.).

La estética cuántica no se limita al uso de pequeñas partículas sónicas, o de manera metafórica al mundo subatómico. Lo continuo del aspecto ondular electromagnético de una partícula y lo discontinuo de su aspecto “particular” (un

⁵⁰ “Dando la bienvenida a la audiencia del mundo real al mundo de la obra de teatro, el actor del prólogo une los límites entre el público, los actores, los personajes, la historia, la ficción de la obra, el teatro físico y el mundo real que está allá afuera” (Bruster Douglas and Robert Weimann, *Prologues to Shakespeare's Theatre*, 2004).

⁵¹ Sería interesante cambiar el orden de estas pequeñas secciones y que la obra se volviera a interpretar para comprobar que la coherencia de sus rompimientos es funcional, como puede suceder con la estructura de una obra abierta.

⁵² Las micro-granulaciones son sonidos granulares con granos muy pequeños, de entre 1 y 20 milésimas de segundo. Algunos de estos granos producen clics, ya que su forma de onda necesita por lo menos cuatro periodos para que se pueda escuchar su frecuencia.

⁵³ Este fenómeno lo descubrí al ser invitado por la ceramista Angélica Moreno a realizar una obra a partir del sonido de la Talavera (una técnica de cerámica mexicana) en el momento de abrir el horno, después de la cocción de las piezas. El aire frío entra en contacto con la cerámica caliente y produce dilataciones en el material que produce pequeños sonidos armónicos, como chispas sónicas que se dan en un principio de manera continua y que poco a poco se vuelven discontinuas en un proceso estocástico, de manera muy similar al proceso de explosión de las palomitas de maíz.

electrón comportándose como un fotón, por ejemplo), pueden también estar representados por la continuidad en la música (ritmos repetitivos, frecuencias periódicas, texturas continuas y estáticas, etc.) o por la discontinuidad (sonidos aislados, ritmos y puntillismos discontinuos). Como ya mencioné anteriormente, lo continuo y lo discontinuo no siempre están separados, se superponen, o pueden evolucionar hacia su polo opuesto; también hay continuos de carácter discontinuo, discontinuos de carácter continuo, y existen todo tipo de saltos abruptos entre un estado y otro⁵⁴. En fin, existe un *Continuum* rico y complejo en el que se pueden producir múltiples estados y paradojas cuánticas, como veremos en la siguiente sección.

5.1 *Ping-Roll*. Una escultura sonora cuántica y caótica

En los años noventa del siglo pasado, desarrollé distintas ideas en mi trabajo artístico relacionadas a las teorías cuánticas y del caos que luego fueron plasmadas en la última sección de mi tesis doctoral, como el principio de complementareidad cuántico que relaciona lo continuo con lo discontinuo, los procesos estáticos, los diferentes fenómenos caóticos, etc. Estas obsesiones generaron ciertas ideas musicales, pero también ideas conceptuales que se relacionan con el campo del arte sonoro. Es inevitable establecer una conexión entre estas ideas y los fenómenos físicos en la vida cotidiana. De este modo, eventos como el sonido del ritmo caótico del rebote de una pelota de básquetbol, o del de una pelota de ping-pong, me hicieron pensar de manera ineludible en el dominio de lo discontinuo, mientras que el sonido de las pelotas que caen y continúan cayendo debido a la fuerza de la gravedad de una manera cada vez más continua, me evocaron el *Continuum* que va desde lo discontinuo hacia lo continuo. A partir de este tipo de eventos, concebí una escultura sonora basada en el comportamiento físico de las pelotas de ping-pong. Esta escultura fue creada para la primera bienal tridimensional del INBA en la ciudad de México, en 1997. He aquí una descripción de ella, así como de las ideas ligadas con las teorías cuánticas y del caos que son la base de esta creación.

Ping Roll es una escultura sonora que consta de una plancha rectangular con bordes (.90 x 1.90 cm), hecha de láminas delgadas de metal y montada sobre cuatro patas. Es decir, una especie de mesa de ping-pong (pero mucho más estrecha). Sobre esta plancha hay alrededor de setenta pelotas de ping pong, y en la base inferior de la plancha hay 3 series de bocinas (*subwoofer*, medio y *twitter* multiplicados por tres), haciendo contacto con ella. En su primera versión, las bocinas estaban conectadas a 2 CD's. Un CD tenía grabadas dos pistas (activadas en las dos series de los dos extremos de la mesa) con el ruido del rebote de una pelota de ping pong que se acelera y se desacelera, con rebotes estocásticos discontinuos, y con sonidos de frecuencias sinusoidales puras continuas, y el otro

⁵⁴ Henri Poincaré afirmó a principios del siglo XX: “Un sistema físico sólo puede presentar un número finito de estados distintos; salta de uno a otro de estos estados sin pasar a través de una serie continua de estados intermedios [...] sin embargo, a pesar de la mecánica cuántica existen muchos investigadores y filósofos que consideran continuos los procesos de la naturaleza [...]. el conflicto entre el concepto de continuidad y discontinuidad en la naturaleza es más de carácter psicológico que real. En cierto modo optamos por la continuidad o por la discontinuidad de acuerdo con nuestro estado de ánimo o de acuerdo con los resultados de una observación o de un experimento” (Cesarman, E. (1984). *Orden y Caos* (pp. 68-69). México: Ediciones Gernika).

CD una sola pista complementaria (activada en la serie del centro de la mesa). El sonido grabado en cada pista efectúa un proceso entre rebotes discontinuos estocásticos y frecuencias continuas. Los procesos de los rebotes están alternados con silencios, de manera que las 3 series de bocinas casi nunca suenan al mismo tiempo.

Las frecuencias fueron calculadas para ser empáticas con la afinación natural de la placa de aluminio sobre la cual descansan las pelotas, y para hacerla vibrar y resonar. El efecto de la placa vibrante sobre las pelotas produce que algunas de ellas salten de manera continua sobre su propio eje vertical fijo, mientras que otras hacen lo mismo, pero se salen de su órbita de rebote para salir rodando y disparadas a través de la superficie de la placa⁵⁵.

La función primordial de una pelota de ping pong es la de rebotar a diferentes velocidades (un movimiento discontinuo), pero la ley de la gravedad podría afectar a la pelota para hacerla rebotar cada vez más rápido. Si imaginamos que la velocidad del rebote en un *accelerando* se estabiliza alrededor de un cierto valor, el sonido resultante produciría entonces una frecuencia determinada. Esta idea me hizo pensar que el rebote de la pelota puede crear al mismo tiempo ritmo y frecuencia, por esta razón, además de los sonidos de los rebotes, decidí utilizar también frecuencias puras. Ahora bien, el efecto de la amplificación de estas frecuencias, producen el rebote o el deslizamiento de las pelotas sobre la placa, mientras que el efecto de la amplificación de los sonidos que rebotan de manera discontinua produce la inacción del sistema, es decir, el estatismo de las pelotas; metafóricamente hablando, esto representa un juego paradójico y confuso entre los dos estados opuestos de la pelota, lo discontinuo y lo continuo. Esto afecta tanto el plano físico (rebotes versus deslizamiento) que el plano sonoro (ritmo versus frecuencia). No obstante, estos estados polares son en realidad complementarios y forman parte de un mismo fenómeno. Todas estas ideas están en relación con la paradoja cuántica de la complementareidad en la materia, donde ciertos elementos como la luz pueden comportarse como partículas (dominio de lo discontinuo) o como ondas (dominio de lo continuo).

Para lograr una coherencia conceptual en la estructura musical global de la escultura, la duración de las secuencias sonoras corresponde al proceso de rebotes algorítmicos de una pelota de ping-pong cuando la dejamos caer sobre una superficie dura. La pelota rebota cada vez más rápido, afectada por las leyes de la gravedad y la fricción. Utilicé un radio constante (0.666)⁵⁶ como factor de

⁵⁵ Este fenómeno de *Ping-Roll* me recuerda a uno parecido que sucede en una macro-escala planetaria. Parece ser que en la órbita de un planeta existe la posibilidad de una interferencia de un fenómeno caótico que podría hacer que el planeta salga disparado fuera del sistema solar.

⁵⁶ En realidad, el factor de la duración decreciente no es constante en un proceso de rebotes real. Medí el ritmo decreciente de una pelota de ping-pong que rebota debido al efecto de la gravedad para verificar esto, y encontré que el radio logarítmico comenzaba en 0.8 y que luego aumentaba gradualmente hasta 0.94 (tal vez a causa del aumento de la fricción de la pelota contra el suelo). Entonces, decidí fijar un radio para darle una estructura fractal a la estructura temporal total, usando un radio inferior (0.666) por razones musicales, ya que el proceso logarítmico de duraciones que disminuyen se produce de manera más veloz, y de este modo se percibe más fácilmente. Por otro lado, el radio 0.666 corresponde a la proporción de oro.

multiplicación, para disminuir la duración de los sonidos de los rebotes, así como las duraciones de los silencios y de las frecuencias sinusoidales⁵⁷; existe también una progresión en donde los sonidos de los rebotes comienzan con una tasa de retardo larga que disminuye poco a poco, produciendo de este modo rebotes cada vez más rápidos; esta misma progresión afecta también a las frecuencias sinusoidales que son largas y bajas en el comienzo y se van volviendo más cortas cuando ascienden en frecuencia. En un momento determinado del proceso global, los sonidos de los rebotes y de las frecuencias (antes separadas por silencios) comienzan a sobreponerse, llegando así a una zona climática constituida por rebotes muy rápidos y por frecuencias sinusoidales agudas. Después del clímax, hay un espejo, una inversión del proceso en donde las duraciones aumentan poco a poco, los rebotes se vuelven cada vez más discontinuos, y las frecuencias vuelven a descender. Todo el proceso dura treinta y ocho minutos y quince segundos.

Además del dialogo establecido entre el movimiento discontinuo y el movimiento continuo, esta escultura sonora es una especie de juego caótico. Comenzamos dispersando las pelotas sobre la placa de manera homogénea y equidistante entre ellas. Las pelotas comienzan entonces a moverse con los sonidos sinusoidales que hacen vibrar la placa, y tienen la tendencia de desplazarse hacia ciertas zonas de las cuales ya casi no se moverán (Figura 5). Tenemos aquí un ejemplo de un fenómeno caótico llamado dependencia sensible a las circunstancias iniciales. De manera sorprendente, las distintas configuraciones formadas por el movimiento de las pelotas varían mucho (Figura 6), incluso si estas son colocadas exactamente en los mismos lugares en el comienzo del juego. Al final de este proceso, debemos volver a esparcir las pelotas de manera equidistante y esperar para ver una nueva evolución entrópica entre orden y desorden.

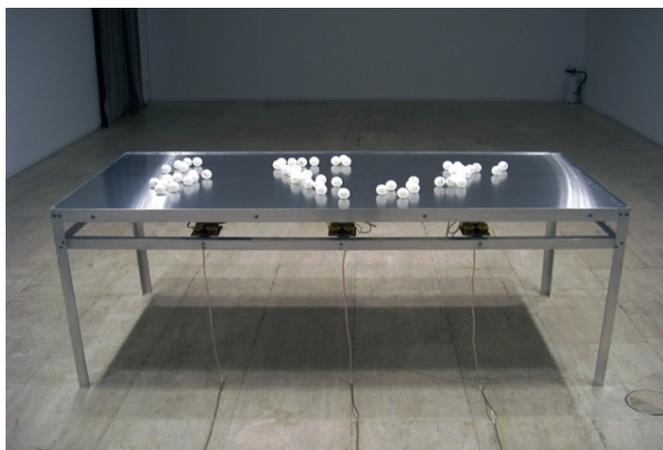


Figura 5.- *Ping-Roll* en el momento entrópico en el que el proceso de rebotes y el desplazamiento de las pelotas termina. *Dimensión Sonora*. Koldo de Mixtelena. San Sebastián España. 2007

⁵⁷ Cada valor nuevo de duración es siempre multiplicado por 0.666. Por ejemplo, si comenzamos con una duración de 180 segundos, en el paso siguiente, esta duración se reduce por la multiplicación: $180 * 0.666 = 119$ segundos, luego esta nueva duración se vuelve a multiplicar por el radio 0.666, dando el valor de 79 segundos y así continuamos con el mismo proceso.

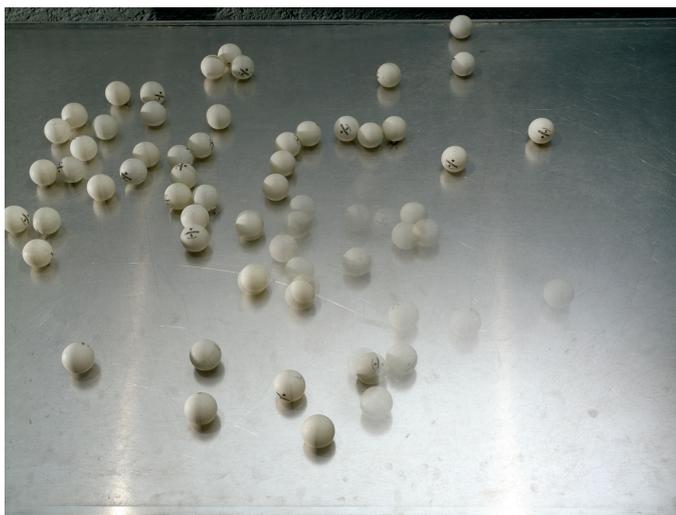


Figura 6.- *Ping-Roll*, configuraciones de las pelotas durante el proceso. 1era Bienal Tridimensional del INBA. Centro de las Artes. 1997

En *Ping-Roll* no recurrí a ninguna técnica granular. Sin embargo, esta escultura sonora constituye mi primera obra en donde de manera consciente apliqué una concepción estética cuántica. Esto me hace pensar si esta escultura es arte, o más bien un experimento científico. No estoy seguro, tal vez los aspectos técnicos y científicos se volvieron demasiado importantes. Sin embargo, los procesos de creación y de experimentación, así como los resultados de los procesos sonoros y visuales, son muy interesantes. Concluyo, que, en una obra artística de este tipo, debe existir un equilibrio y una interacción entre el sonido y la imagen, ya que estos son elementos interdependientes. Al evaluar el éxito estético y conceptual de este equilibrio, podremos tal vez saber si la obra se aproxima o no al arte.

5.2 *I play the drums with frequency*

Toco la batería con frecuencia (2007) (figura 7), es una instalación que consiste en diseminar las distintas partes de una batería en el espacio. Al disgregarse, su unidad se convierte en un colectivo de entidades independientes, en un conjunto instrumental que es ejecutado de manera virtual por una computadora mediante algoritmos estocásticos que producen simultaneidades de sonidos y espacios de silencio.

Una batería es un instrumento de percusión diseñado para ser tocado de manera discontinua mediante golpes violentos propiciados por un par de baquetas. El golpe en un tambor produce un sonido resonante que decae rápidamente. Cuando escuchamos a la batería dentro de un grupo de Rock (o cualquier otro estilo de música Pop), las resonancias inarmónicas de los tambores suelen pasar desapercibidas, siendo estas muy complejas e interesantes en cuanto al espectro de sus frecuencias. Mi intención con esta instalación fue la de convertir a la batería en un laboratorio para poder estudiar las interacciones entre las vibraciones de las membranas de los tambores y las estructuras metálicas de los

platillos mediante la adhesión de conos de altavoces a estos, gracias a la transmisión de ondas sinusoidales simpáticas a sus estructuras. De este modo, logro hacer vibrar a la batería de manera continua, algo totalmente inusual. Es como si se tratara de redobles virtuales rapidísimos y ultrafinos, sonidos periódicos que producen frecuencias relacionadas con las estructuras y afinaciones de los tambores. Aquí nuevamente la idea del ritmo, de la discontinuidad, se transforma en continuidad.

Las ondas sinusoidales que interactúan con los tambores producen batimientos y probablemente modulaciones, es decir, frecuencias que crean pulsaciones rítmicas y frecuencias suplementarias que dan como resultado timbres complejos. De este modo, la batería se ha convertido en una especie de sintetizador, un instrumento en este caso electroacústico que produce sonidos periódicos complejos e inéditos, existentes tan solo gracias a la interacción entre las ondas que salen de los conos de los altavoces y los tambores y platillos.

El hecho de que los sonidos producidos sean casi siempre de carácter continuo convierte a esta batería emparentada con el lado discontinuo de una partícula en un objeto ondulatorio. Si es que pudiéramos adjudicar un sexo a las dos distintas maneras de tocarla, podríamos adjudicar el lado discreto y rítmico *rocnerolero* a lo masculino y extrovertido, y este nuevo campo continuo y ondular nuevo podría ser lo femenino e introvertido. En esta obra intento explorar lo receptivo, haciendo vibrar la piel de los tambores continuamente, cualidades que existían en el potencial de los instrumentos pero que no se habían podido manifestar claramente. Entonces, aquí el Yin de la batería se manifiesta en los sonidos creados, mientras que el Yang permanece tan solo en el plano exterior formal y conceptual de su representación.

En esta instalación no solo volví a caer de manera accidental en una estética cuántica, sino que también regresé a las ideas de Carl Gustav Jung, que cree en la existencia simultánea de dos polaridades en los seres humanos, el *ánima* que significa en latín alma y que representa las imágenes arquetípicas del eterno femenino en el inconsciente masculino, y el *animus* que significa en latín espíritu y que representa a las imágenes del eterno masculino en el inconsciente femenino. Todos poseemos esta doble condición, no solamente nuestra esencia inmaterial (alma) y nuestra espiritualidad, sino también una doble sexualidad. De este modo, con esta obra solo le regresé a la batería su complementareidad, su dualidad cuántica extraviada.



Figura 7.- *I play the drums with frequency*, School of the Musuem of Fine Arts, Boston EUA. 2010

6. Conclusiones

La Ciencia, pero también la filosofía, la antropología social, y las humanidades en general, son ámbitos del conocimiento que han influido históricamente a artistas de distintas disciplinas en su trabajo intelectual y creativo. El arte es un crisol experimental para poder conocer el mundo, en el que existe una libertad total para mezclar e hibridar todo tipo de conocimientos. El arte es también un campo de investigación intermedial. En este ensayo he intentado probar, a partir de un análisis profundo de mi obra artística transdisciplinaria, cómo distintas ideas científicas (teorías del caos, teorías cuánticas, entropía) y también filosóficas, psicoanalíticas e incluso religiosas y esotéricas (El eterno retorno, la Sincronicidad, el taoísmo, el budismo, etc), se pueden cristalizar en distintas obras artísticas. Mi punto central han sido las distintas teorías de la Física Cuántica, ligadas a distintos aspectos del arte, como el indeterminismo, lo continuo y lo discontinuo, los saltos cuánticos drásticos de una a otra modalidad estética, la interconectividad sincrónica de elementos en una obra abierta, etc. Pero en particular, la idea de la partonda (Waveicle), la partícula de luz discontinua que es al mismo tiempo onda electromagnética continua me ha dado una base para poder crear obras nuevas y entender obras de otros autores. No obstante, no deja de ser peligrosa la posibilidad de quedarse estancado en una sola manera de entender y de analizar el mundo. Es por eso por lo que en estos últimos años he incursionado más en la filosofía y en la antropología social, para realizar y desarrollar mis ideas creativas por nuevos caminos. Pero la dualidad entendida como complementareidad, más que como una dialéctica, seguirá siendo una herramienta valiosa para poder trabajar tanto en los campos formales como de contenido y conceptuales. Hoy en día, los conceptos nietzscheanos de lo Apolíneo y de lo Dionisiaco (en *El origen de la Tragedia*), del orden y del desorden, de la integración y la destrucción, y de su constante interacción en el mundo, continúan siendo generadores de armonía y caos, de formas perfectas equilibradas y de formas imperfectas complejas. Podremos siempre estar en uno de los dos polos, en lo discontinuo, por ejemplo, pero nunca dejará de estar lo

continuo presente, y en este sentido, creo que este principio cuántico se puede vincular más con el taoísmo (el Ying y el Yang) y las filosofías de oriente que con la dialéctica occidental.

Bibliografía

- Capek, M. (Ed.). (1975). *The Concepts of Space and Time*. Boston: Reidel.
- Capra, F. (1984). *The Tao of Physics*. Bantam Books, Inc.
- Cesarman, E. (1986). *Orden y Caos*, México: Ediciones Gernika, S.A.
- Gleick, J. (1987). *CHAOS. Making a new science*. New York: Penguin Books.
- Jung, C.G. (1988). *Sincronicidad*. Málaga: Editorial Sirio.
- Rocha Iturbide, M. (1991). *Contemplation and Action*, [Master's thesis]. Oakland California: Mills College.
- Rocha Iturbide, M. (1995). Unfolding the natural sound object through electroacoustic composition. *The new journal of music research*, 24 (4), 383-392.
- Rocha Iturbide, M. (1999). *Les techniques granulaires dans la synthèse sonore* [Doctoral dissertation]. París : Universidad de París VIII.
- Rocha Iturbide, M. (2017). La composición musical a través de una visión cuántica del sonido. En J. Pablos (Ed.), *Desde la escucha. Creación, investigación e intermedia* (pp. 127-142). Ciudad de México: Juan Pablos.
- Varga, B.A. (1996). *Conversations with Iannis Xenakis*. London: Faber and Faber.
- Wiener, N. (1964). Spatial-Temporal Continuity, Quantum Theory and Music. En M. Capek (Ed.), 1975: *The Concepts of Space and Time* (pp. 74-88). Boston: Reidel.
- Xenakis, I. (1971). *Formalized music*. Bloomington: Indiana University Press.