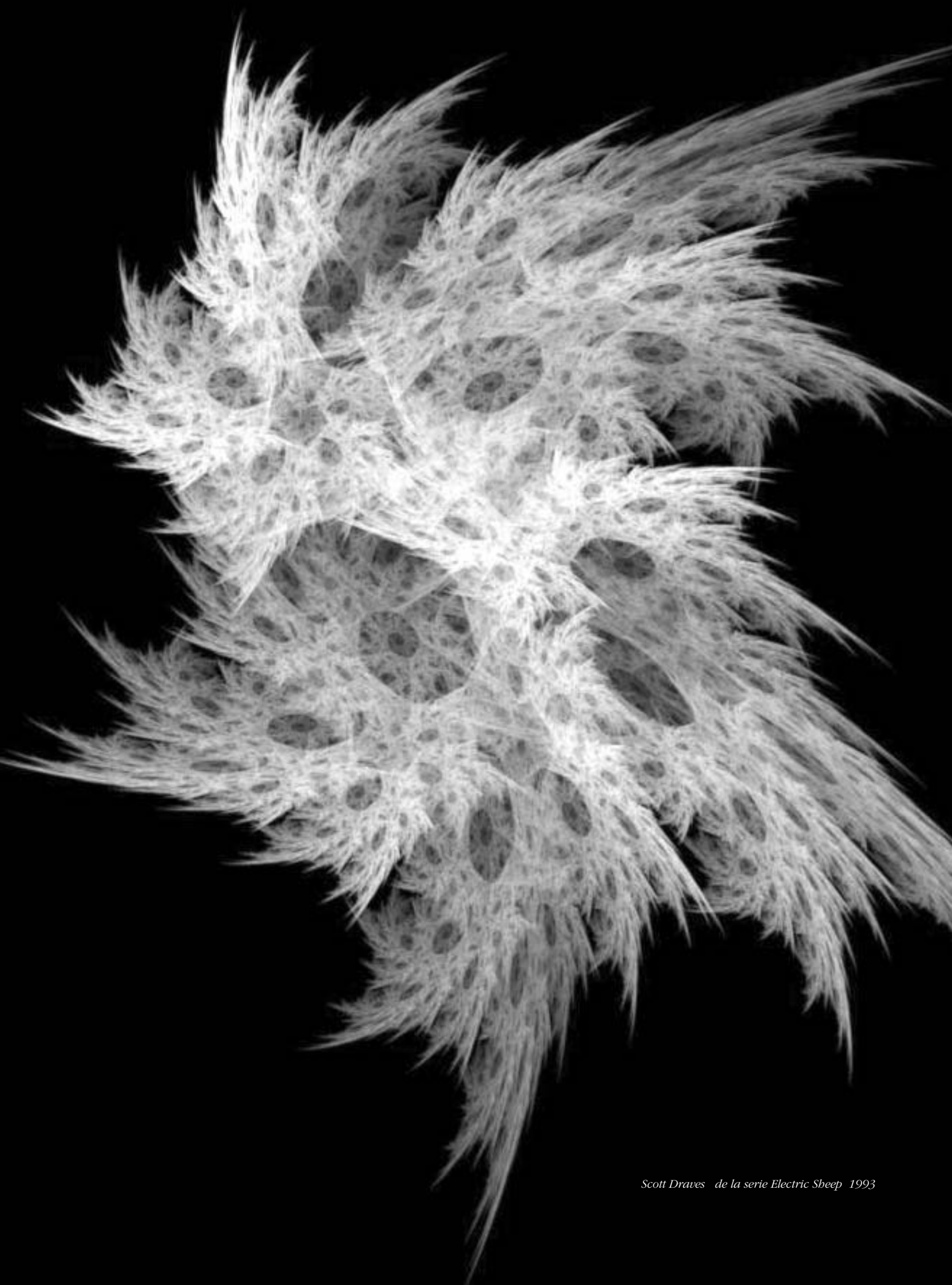


Caos, aleatoriedad, fractales y audio

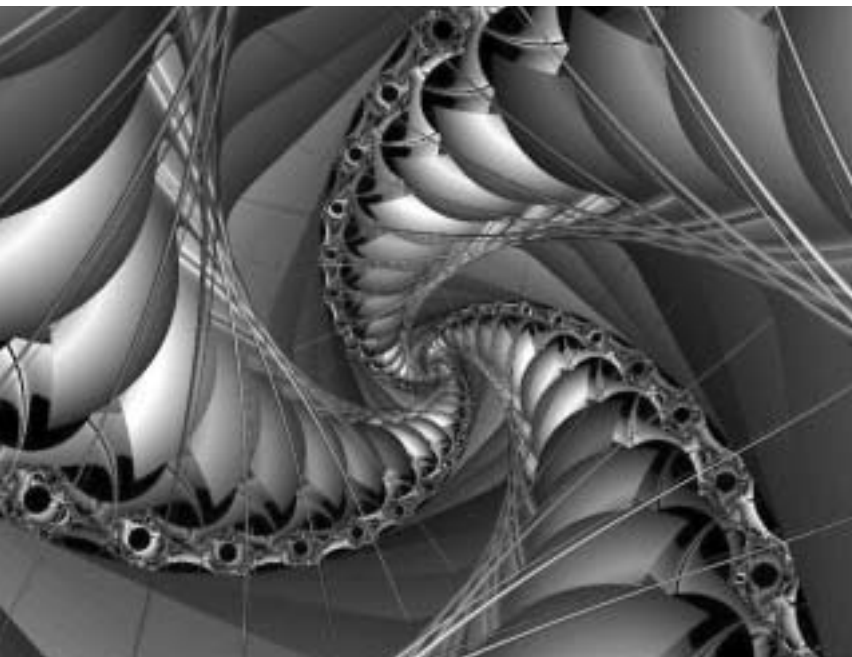
A finales de los años 70 el matemático Benoît Mandelbrot descubrió la geometría fractal y acuñó el término fractal para designar los nuevos conceptos matemáticos que describen la estructura irregular y caótica del mundo natural. La ciencia ha logrado dar con aplicaciones prácticas, mientras el mundo del arte ha flirtado y ha dado resultados especialmente peculiares (por lo menos desde un punto de vista teórico) en el campo de la música computacional.

Lo primero que le suele venir a uno a la mente cuando oye los términos “aleatorio” o “caos” en un contexto artístico, en nuestro caso el sonoro, son ideas como ausencia de coordinación, alboroto, confusión y sinsentido. No obstante, no hay que ser un experto en la materia para saber o al menos aceptar que, si la música se puede reducir a cálculos, cifras y operaciones matemáticas, no está fuera de lugar que esa música parta o se dirija de alguna manera hacia el terreno del caos o de lo aleatorio. Lo que tal vez hay que aclarar pues, es el significado de algunos de estos maltratados vocablos (aleatorio, estocástico, fractal, caótico) y su potencial aplicación a la composición o a la interpretación musical.

El primero de estos términos es el de aleatoriedad. La comunidad matemática lleva literalmente siglos dando vueltas a la idea y tan sólo unas décadas atrás, a mediados de los años sesenta, se empezó a redefinir su significado. La teoría de Gregory J. Chaitin y A. N. Kolmogorov estableció en 1965 que “una serie de números es aleatoria si el algoritmo más pequeño capaz de especificar esa serie a un ordenador contiene tanta información como la misma serie”. En otras palabras, la serie es verdaderamente aleatoria si no encontramos ninguna regla matemática que la prediga en menos espacio que la propia serie. Dadas estas consideraciones, y las que en años posteriores se han derivado del estudio de la aleatoriedad, la probabilidad y los sistemas no-lineales, la idea predefinida que la mayoría de la audiencia guarda en su subconsciente de “música aleatoria” o “música azarosa”, resulta como mínimo cómica (y debería remontarse, por ejemplo, a Mozart jugando a los dados para componer su célebre *Musikalisches Würfelspiel*, y llegar, como mínimo, hasta la vanguardia musical del XX y sus experimentos estocásticos). ►



Scott Draves de la serie Electric Sheep 1993

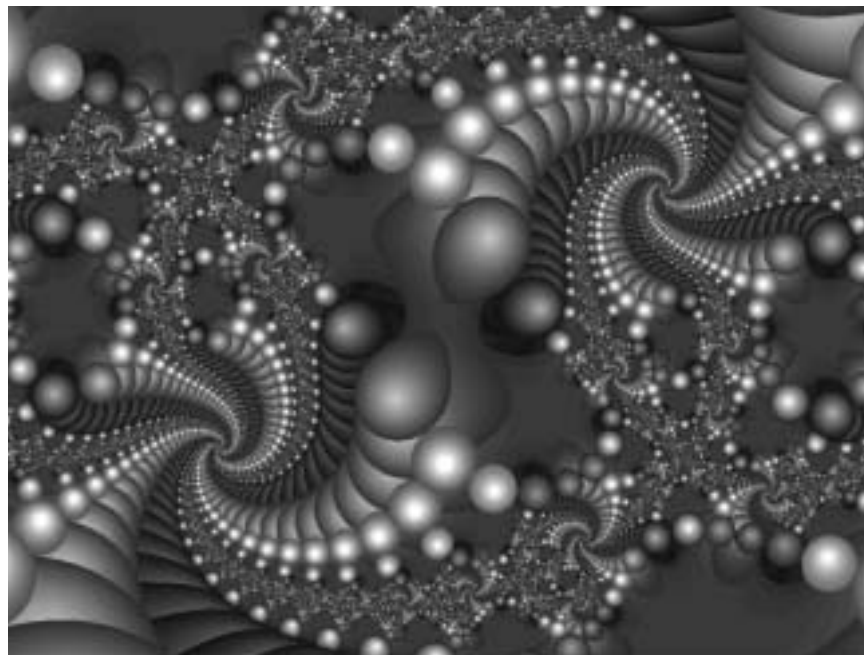


» En el terreno de la inteligencia artificial, el contrario de lo que se denomina un “entorno determinístico” es un “entorno estocástico”, cuyo estadio siguiente no viene determinado por el anterior ni por las acciones externas. Este término se ha utilizado con frecuencia en ambientes musicales desde que autores como Morton Feldman, Iannis Xenakis, Witold Lutoslawski o John Cage lo emplearan y lo popularizaran a través de piezas como *Music of Changes* (Cage, 1951), a mediados del siglo XX.

Por supuesto, hay que aceptar que en una composición aleatoria o estocástica, el autor toma decisiones (sobre la duración, el número de instrumentos, el tipo de instrumentos, la estructura o tantos otros factores), pero al menos alguna parte del proceso compositivo o de la interpretación estará sujeta a tácticas estrictamente aleatorias. En éstas, el compositor o el intérprete toma también decisiones o, por lo menos, está limitado por la física; en el caso de interpretar una determinada pieza con un piano, el teclado dictará el mínimo y máximo timbre, el número total de notas potencialmente incluidas en la obra, etc. Sólo en un hipotético piano con octavas ilimitadas podríamos ejecutar “cualquier” nota obtenida con una de esas tácticas aleatorias.

Este ejemplo se aplica de igual forma a instrumentos o “metainstrumentos” inicialmente menos limitados que el piano, como un ordenador, donde incluso partiendo de un entorno de programación muy abierto como Csound, Supercollider, Pd o Max/MSP, las posibilidades siguen siendo finitas. Para empezar, porque aunque todos estos entornos cuentan con herramientas para generar números aleatorios, es imposible que la cifra resultante sea realmente aleatoria. Esta puntualización es en el fondo banal, puesto que ninguno de esos sistemas fue creado para generar números “realmente” aleatorios, sino para componer y manipular audio (y en algunos casos vídeo) y por lo tanto, sus herramientas para generar números aleatorios cumplen perfectamente su función, pero no está de más pensar sobre ello. Dave Sabine, músico y programador estadounidense, recoge precisamente esta idea: “Las ecuaciones fractales y otros sistemas complejos se utilizan en la programación para generar números aleatorios. Pero aun así, resulta absolutamente imposible que una computadora genere un número totalmente aleatorio. Normalmente, se instruye al ordenador para que calcule un valor aleatorio utilizando un algoritmo matemático basado en una raíz dada, a veces el valor del reloj interno de la máquina (por ejemplo: toma el número del reloj —tal vez 12:30— y

La generación hippie incorporó rápidamente a su programa iconográfico sus espirales coloristas como una forma más de escapismo y de viaje.



úsalo en una ecuación para generar un número que parezca aleatorio). En este sentido, los fractales son herramientas muy útiles para generar valores que puedan luego ser utilizados como frecuencias, duraciones, amplitudes, etc. en una composición musical. Los números parecerán aleatorios dada la complejidad del patrón, pero guardan entre ellos una oscura relación que puede resultar fascinante, siempre interesante”.

Los fractales, “descubiertos” a finales de la década de los setenta por el matemático Benoit B. Mandelbrot, han sido sobradamente explotados en el ámbito gráfico; la generación hippie incorporó rápidamente a su programa iconográfico sus espirales coloristas como una forma más de escapismo y de viaje, en este caso estrictamente visual. Pero ese aura psicodélica/psicotrópica que todavía hoy planea por encima del universo fractal no debería disminuir su interés ni sus múltiples posibilidades como tema a estudiar. A lo largo de los dos decenios de vida pública de los fractales, la ciencia ha logrado dar con aplicaciones prácticas (en ámbitos como la encriptación de datos o en diversas áreas de la física), mientras que el mundo del arte ha flirtado en mayor o menor medida con ellos, dando resultados especialmente peculiares (por lo menos desde un punto de vista teórico) en el campo de la música computacional. En ese terreno, los fractales se erigen como una solución interesante para aportar a una composición cierto carácter “natural”.

La naturaleza, pese a su orden interno, posee obviamente una complejidad de formas diametralmente opuesta a lo industrial, lo aritmético y la geometría tradicional derivada de Euclides. La misma complejidad que la hace impredecible. Los fractales, pese a ser fruto de una ecuación matemática precisa ($z=z^2+c$), dan como resultado series de números cercanas a lo natural. De hecho, es sobradamente conocida la similitud entre una representación fractal de Mandelbrot o Koch y un pedazo de brócoli o un copo de nieve magnificados. Por ello, el uso de fractales para controlar cualquiera de los parámetros de una composición musical, puede ser una forma eficiente de añadir complejidad natural y riqueza de matices, con un fino equilibrio entre lo predecible y lo aleatorio, entre la repetición y la sorpresa, sin abandonar en ningún momento el dominio de la lógica. Una idea que, por innovadora que pueda parecer, no está muy lejos de la eterna búsqueda de la perfección en el arte que se remonta a la antigua Grecia y a sus sistemas de escalas, de intervalos ideales o de perfección aural.

Imágenes basadas en el trabajo de Benoit Mandelbrot

El hecho es que, incluso dando por buena la estrategia fractal en el dominio de la música, y pese a la considerable cantidad de autores que se han sumado a esa tendencia desde los años ochenta (entre los que destacan Gary Lee Nelson, Charles Dodge, Jung Sung Young, Charles Wuorinen, Diana Dabby, Phil Thompson, Rodney Waschka, Alexandra Kurepa), las posibilidades de aplicar con éxito todas y cada una de las distintas derivaciones de los sistemas no-lineales y la teoría del caos a la música computacional, dependen todavía de las limitadas capacidades de los ordenadores que tenemos a nuestro alcance. Hace menos de una década, Nicolas Negroponte aseguraba que “las máquinas serán inteligentes”. Y tal vez lo sean algún día, pero a fecha de hoy, todavía no nos brindan la posibilidad de sacar todo el jugo a la complejidad inherente a la naturaleza. Esa complejidad que, como apuntábamos antes, la hace explicable pero impredecible.

Lo que hoy conocemos como teoría del caos tiene su origen en una afortunada casualidad que tuvo lugar en un experimento de predicción meteorológica. Fue el meteorólogo Edward Lorenz, en el año 1961, quien puso la primera piedra al darse cuenta que sus predicciones sobre la evolución del tiempo (según un sistema informático diseñado por él mismo), se desviaban radicalmente de la realidad según la precisión con la cual se introducían los datos en el ordenador. Lorenz descubrió que los resultados de la predicción diferían enormemente si usaba cifras con seis decimales en vez de tres. Una diferencia sutil y por aquel entonces considerada banal por la comunidad científica en general, que pronto pasó a conocerse como el “efecto mariposa” (la diferencia entre las dos series de números es palpable al cabo de un rato, pero al principio es tan ínfima que se comparó al imperceptible aleteo de una mariposa). Por un lado, resulta paradójico que tanto este descubrimiento, que pronto daría paso al estudio de la teoría del caos y los sistemas no-lineales, se diera en un contexto de observación de la naturaleza al igual que el descubrimiento del universo fractal, que Mandelbrot empezó a vislumbrar mientras estudiaba la evolución y el comportamiento de los movimientos de la bolsa. Así, los centenarios esfuerzos que la ciencia había dedicado para dar explicación a los fenómenos naturales como parte de un todo estrictamente ordenado, se desmoronaban en favor de una nueva hipótesis que considera el universo una realidad no-lineal y más allá de nuestro conocimiento y compren-



Scott Draves de la serie *Electric Sheep*

sión. Una vez redefinido el concepto de caos, éste se ha aplicado tanto a la ciencia como al sonido en repetidas ocasiones desde los años sesenta.

Aparte de estudios sobre las propiedades de los instrumentos tradicionales basados en el análisis detallado del caos, como el notable “Nonlinear Dynamics and Chaos in Musical Instruments”, de Neville H. Fletcher (1994), el estudio del caos a través del sonido ha dado interesantes resultados en manos de músicos como Gary Lee Nelson, Donna Cox, Cgris Landreth, Robin Bargar o Insook Choi. El proceso de síntesis de las señales caóticas como señales acústicas complejas puede proporcionar información valiosa sobre los detalles de la estructura de lo que la teoría del caos denomina “atractores” (las curvas o espacios



de la naturaleza. Dicha síntesis se ha usado tanto para analizar científicamente el comportamiento de los atractores como con fines estrictamente musicales, como en el célebre *Anti-Odysseus, the Irreversibility of Time*, de la compositora coreana Insook Choi. En la edición de 1994 de Siggraph, Choi, con la ayuda de un equipo que incluía a otro reconocido explorador del caos en los dominios sonoros, Robin Bargar, presentó una interfaz digital en tres dimensiones que permitía a los visitantes “jugar con el sonido del caos generado por el circuito de Chua”. He aquí una de las reacciones del propio Dr. Chua: “El trabajo que el grupo de Robin está llevando a cabo es pionero en un ámbito de enorme potencial comercial. Requiere un montón de creatividad y un background muy amplio que combine la tecnología punta con grandes dotes para la programación, dinámica no-lineal y música en un único sistema sinérgico de posibilidades infinitas. Todo ello representa investigación puntera de primera magnitud”.

Con todo, en su escrito “Computer Music and the Importance of Fractals, Chaos, and Complexity Theory”, el Dr. Mladen Milicevic trata de desmitificar éste y otro tipo de estrategias o, como mínimo, su validez en lo estrictamente musical: “Cada día está más en boga la equivocada idea que asume que cualquier cosa producida en el límite del caos es buena o creativa. Para empezar, es simplemente nueva, y sólo la evolución y el paso de los años ya nos dirán si resulta antropocéntricamente positiva o negativa. Porque el hecho de que el producto de esta tendencia encaje de algún modo en el sistema de la naturaleza, eso no tiene por qué significar que es elegante o estéticamente atractivo”.

hacia los que evoluciona un sistema caótico). El más famoso de estos procesos es el que tiene como protagonista el circuito de Chua, el más simple de los que cumplen los requisitos técnicos para generar un comportamiento caótico, además de ser el único sistema físico (una combinación de hardware analógico y estimulación digital) en el que se ha podido demostrar matemáticamente la existencia del caos. El circuito ideado por el Dr. Leon O. Chua produce varios tipos de señal, desde estructuras senoidales periódicas hasta patrones de ruido impredecible.

Una vez más, hay que resaltar el hecho de que algunos de los resultados obtenidos con la síntesis sonora de este circuito (que produce alrededor de 40 atractores distintos), recuerdan fácilmente a sonidos cotidianos

Ése es, en efecto, uno de los posibles riesgos de toda esta historia. Sabemos que una coartada matemática no puede justificar el valor artístico de una pieza musical, pero de la misma forma, no tiene por qué convertirse en un motivo para negar ese valor. Y, de cualquier forma, el estudio y la aplicación de los fractales, las series aleatorias o el caos al audio constituyen, al menos, una parte más de la musicología y la composición del pasado reciente y el futuro inminente de un arte, el de la música, que históricamente ha avanzado siempre de la mano de la ciencia. ❧

ROC JIMÉNEZ DE CISNEROS es músico. Su trabajo se enmarca en la tradición de la composición algorítmica. Sus obras se editan en discográficas como Mego, Scarcelight o su propio sello, Alku. Vive en Barcelona y tiene una chinchilla.