

Tesis Doctoral [REDACTED]

Departament de Pintura [REDACTED]

Facultat de Belles Arts [REDACTED]

Universitat de Barcelona [REDACTED]

ALEAR: ARTE PROCESUAL-ALEATORIO [REDACTED]

La Aleatoriedad en el Computer-art [REDACTED]

Autor: Lluís Eloi Puig Mestres [REDACTED]

Directora: Dr. Alicia Vela Cisneros [REDACTED]

Barcelona, Diciembre, 2004 [REDACTED]

ALEAR: ARTE PROCESUAL-ALEATORIO

La aleatoriedad en el Computer-art

I Investigación científica y prácticas artísticas entorno a la aleatoriedad

o1. Preliminares	-----	pág 7
o11. Tres aproximaciones a la aleatoriedad	-----	pág 9
o12. Introducción.	-----	pág 15
o2. Expansión del Caos	-----	pág 23
o21. Repercusiones de la complejidad	-----	pág 27
o22. Fluctuaciones matemáticas	-----	pág 39
o23. Simulador de aleatoriedad	-----	pág 47
o3. Precedentes aleatorios en el arte	-----	pág 51
o31. El despertar tecnológico	-----	pág 53
o32. Aleatoriedad en la creación musical	-----	pág 59
o321. John Cage		
o322. Iannis Xenakis		
o323. Karlheinz Stockhausen		
o33. El azar en el lenguaje	-----	pág 81
o331. Cadáver exquisito		
o332. Cut-up		
o333. Oulipo		

II Computer-art y aleatoriedad

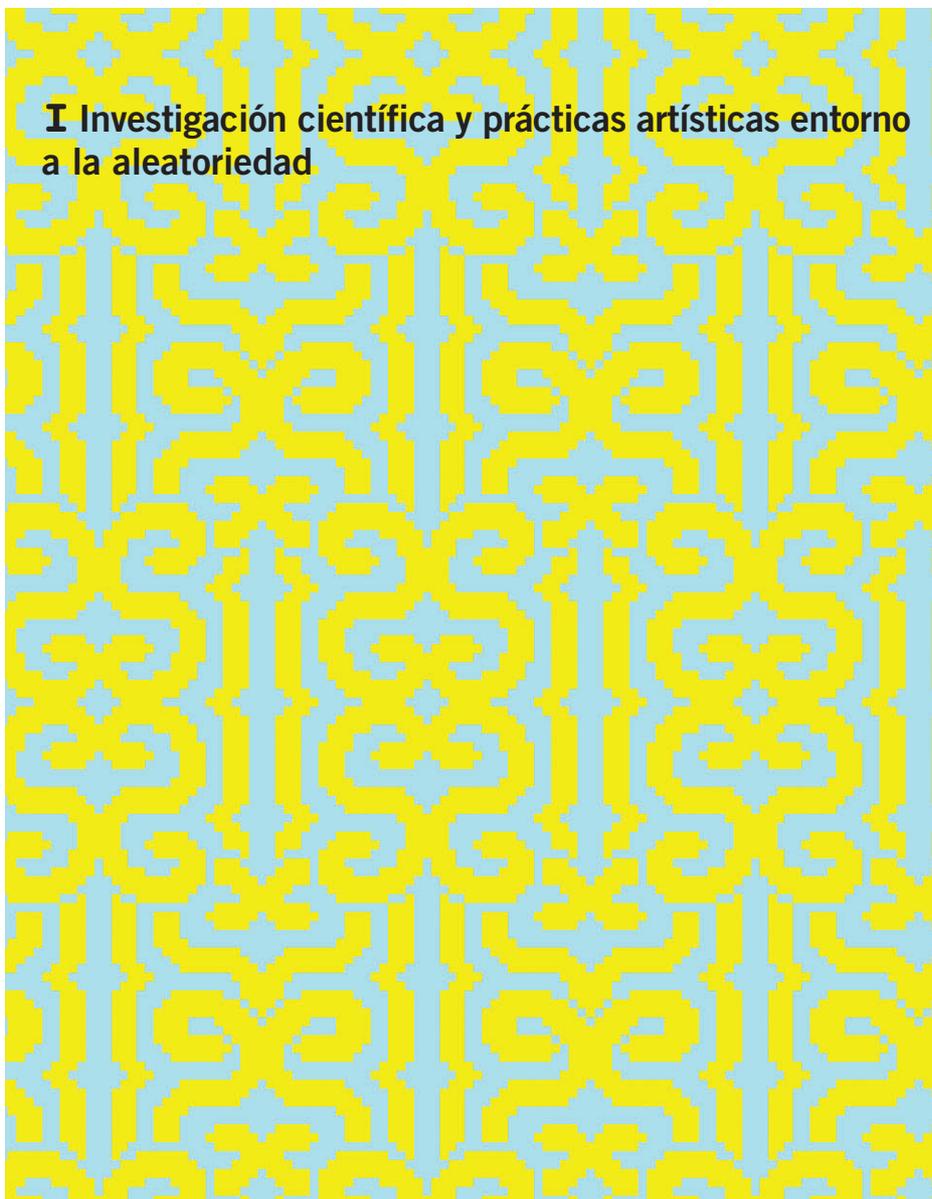
o4. “Arte procesual-aleatorio”	-----	pág 107
o41. Technos y azares	-----	pág 109
o42. La estética del azar	-----	pág 113
o421. Simulación		
o422. Metalenguaje		
o423. Biológico		
o424. Error		
o425. Causa-efecto		
o426. Cerebral		
o5. Precedentes aleatorios en el Computer-art	-----	pág 137
o51. El ordenador en el arte	-----	pág 139
o52. Tanteos computables	-----	pág 153
o521. Frieder Nake (Alemania) 1938		
o522. George Nees (Alemania) 1926		
o523. A. Michael Noll (EEUU) 1939		
o524. Charles Csuri (EEUU) 1922		
o525. Manfred Mohr (Alemania/ EEUU) 1938		
o526. Vera Molnar (Hungria/Francia) 1924		
o527. Roman Verostko (EEUU) 1929		

o6. Aplicaciones contemporáneas	pág 179
o61. Adrian Ward	pág 183
o62. Netochka Nezvanova	pág 193
o63. Jodi	pág 201
o65. Aesthetics + Computation Group	pág 217
o661. John Maeda	
o662. Ben Fry	
o663. Casey Reas	
o664. Golan Levin	
o67. Axel Roch	pág 237
o68. Mark Napier	pág 241
o69. Move Design	pág 245
o610. Eugenio Tisselli	pág 249
o611. Entropy8Zuper	pág 253
o612. InsertSilence	pág 257
o613. STAR	pág 261

II Computer-art y aleatoriedad

o7. Conclusiones	pág 267
o8. Bibliografía	pág 277
o9. Urlgrafía	pág 285

**I Investigación científica y prácticas artísticas entorno
a la aleatoriedad**



I Investigación científica y prácticas artísticas entorno a la aleatoriedad
o1. Preliminares

o1. Preliminares

o11. Tres aproximaciones a la aleatoriedad

o12. Introducción

o11. Tres aproximaciones a la aleatoriedad

¿Qué relación existe entre el ordenador y el azar?, ¿De que manera utiliza el ordenador los componentes aleatorios?, ¿Cómo el *Computer-art* utiliza el azar para desarrollar proyectos creativos?, ¿Hasta que punto el azar ha determinado el desarrollo del *Computer-art*?

Para limitar la investigación respecto a las múltiples prácticas que utiliza el ordenador, llevar a cabo mi objetivo, plantearlo de una manera clara y experimentarlo a través de un trabajo artístico segmentamos la tesis en tres aproximaciones que se concentran en un único proyecto bajo el nombre de "Alear". Estas tres aproximaciones son:

1ª aproximación.- Se trata de un proyecto "reactivo"¹ presentado en formato *CD-Rom* y titulado "**Alear v_cd**". *"Dreher define como "reactivo" aquel "sistema rígido con patrones de estímulo y reacción preprogramados" o las "relaciones de sensors input-output" y da como ejemplos esculturas cinéticas, environments o vídeo-instalaciones de circuito cerrado."*². Como referencia al concepto "reactivo", tampoco podemos olvidar la colección "reactive books" de John Maeda creada entre los años 1995 y 1998, basados en la delicadeza del diseño y en la sencillez del efecto de "acción reacción".

¹ No se trata del popular y malentendido "interactivo" sino de un "reactivo", por el hecho de basarse en una sola acción-reacción, sin otra especial participación del usuario en el desarrollo de proyecto.

² Stella Veciana. "Research Arts: la intersección arte, ciencia y tecnología como campo de conocimiento y de acción." Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. 2004, págs. 318-19.

Como se podrá comprobar una vez visualizado, en “**Alear v_cd**” no hay interacción, la máquina es quien decide todo el desarrollo de la pieza. Con la intención de controlar el azar, “**Alear v_cd**” es un proyecto personal basado en la aleatoriedad manipulada a través de medios digitales, de cálculos computacionales realizados por el ordenador³ y que intenta huir de la “idiotización” que nos habla J.L. Brea.

Probablemente, pocas obras ha habido tan idiotas -y aún idiotizantes- como esas que reclaman un espectador moviendo palancas o tocando botoncitos. Aún cuando sólo fuera porque, a reverso, pretende dejar negado que la lectura -y la contemplación- siempre ha sido un proceso activo, productivo, incluso alucinatorio, es preciso precaverse también contra esta forma de santurronería. Como sugiriera Paul de Man -y tantas veces se ha repetido: «la dificultad de la lectura nunca debe ser menospreciada».

José Luis Brea⁴

Ha sido realizado mediante la utilización de diversos programas informáticos (*Macromedia Freehand* y *Adobe Photoshop* para el tratamiento de las imágenes; *Flash* para la animación, *Action Script* para la programación y *Soundedit* para edición musical). Es una interpretación sobre diversos conceptos de la comunicación representados a través de factores aleatorios que determinarán una visualización única para cada vez que se ejecute, sin que los contenidos narrativos varíen. Para la programación en *Action Script* he contado con la colaboración inestimable de Senen garcía y para la composición sonora he utilizado fragmentos manipulados de Aki Tsuyuko, Ogurusu Norihide, Aoki Takamasa, Takagi Masakatsu, Yukihiro Takahashi, Tujiko Noriko, Waki, DJ Shadow, DJ Pantshead, Marcel Duchamp, Kurt Switers, Christian Boltanski, Marinetti, Adria, Bian Eno, Kim Cascone, Pomassl, Farmersmanual, Mika Vainio, Knut Asdam, Ultra-Red, Anne Lislegaard. “**Alear v_cd**” se basa en nueve secuencias, de las cuales solo se visualizan cinco cada vez que se ejecuta. Este proyecto se inicia con la

³ El uso del término «ordenador», en vez del vocablo anglosajón «computer», para designar las complejas máquinas electrónicas que procesan gran cantidad de datos, procede del francés «ordinateur», palabra de raigambre teológica —Dios como el gran «Ordenador» del Universo— propuesta por el profesor Jacques Perret, de la Universidad de París, a IBM (International Business Machines Corporation) Francia, corporación que la introdujo en todo el mundo. Véase, Fernández Ballesteros, F.: La informática y el ordenador. Madrid, Anaya, 1973, pág. 49.

⁴ Brea, José Luis. *La era postmedia Acción comunicativa, prácticas (post)artísticas y dispositivos neomediales*. Pág 118. Descarga gratuita en PDF en <http://www.laerapostmedia.net>

I Investigación científica y prácticas artísticas entorno a la aleatoriedad

o1. Preliminares

presentación de un aparente menú en el cual el usuario solo tiene una posibilidad de acción, solo puede “clickar” una vez. Esa acción decide el momento de inicio y de desarrollo de todo el “reactivo”. Cada una de las secuencias está compuesta por múltiples partes que a la vez se subdividen en más partes, creando una gran base de datos que irá siendo seleccionada de manera aleatoria a medida que vamos visualizando todo el trabajo. Las diferentes secuencias están precedidas de un interludio musical y visual generativo, es decir, que se va creando a medida que se visualiza.

2ª aproximación.- “Alear v_shots” es una edición en forma de libro de una selección de *screenshots* de “Alear v_cd” y unas imágenes realizadas previamente al desarrollo del ejecutable y que motivaron su realización. En esta misma edición se presenta una narración libre de las nueve secuencias que componen “Alear v_cd”, son interpretaciones de forma narrativa del aspecto aleatorio referido a cada secuencia a partir de la adaptación de múltiples textos de escritores de larga trayectoria literaria, entre ellos se podrán identificar fragmentos de Italo Calvino, Julio Cortazar, G. García Marquez, John Cage, Joan Fontcuberta, Bioy Casares, Frank J. Tipler, Samuel Becket, Joan Perucho, Lou Reed y J. L. Borges. El texto resultante es una de escenificación narrada de las diferentes secuencias a partir de la utilización sin orden aparente (aleatoriamente) de secuencias literarias creadas por los escritores mencionados. Cualquier lector podrá identificar pasajes, frases, expresiones o simplemente sensaciones de otros autores de gran trascendencia en nuestra cultura contemporánea. Quien busque una lógica entre los autores mencionados no la encontrará de una forma evidente. El impulso azaroso hacia los libros que disponía en mi biblioteca era el sistema que determinaba la construcción desordenada de todo el texto. Nuestro interés se centró en cómo utilizando fragmentos de otros y manipulándolos podíamos crear nuestra propia historia y dirigirla hacia nuestro propio interés, de la misma manera que lo hacen lo *DiscJokey* a modo de “mashup”⁵. Nuestro modo de actuar tiene un paralelo directo en la cultura “jamming”⁶, basada en la modificación tecnológica y el entretenimiento radical. Los años noventa han hecho posible una creatividad inédita en los procesos de innovación estética y social que tendrá una clara repercusión durante el siglo XXI.⁷

⁵ Popularizado a partir de un experimento de Brian Burton, más conocido como Danger Mouse, cuando desde el ciberespacio, mezcló el *White Album* de Los Beatles con el *Black Album* del rapero Jay Z. Dando como resultado el *Álbum Gris*, obra reverenciada por la crítica especializada, distribuida a través de las redes de intercambio on line (como *Illegal Art*) y perseguida por el sello discográfico Emi.

⁶ http://en.wikipedia.org/wiki/Culture_jamming

⁷ Durante el mes de abril de 2004, tuvo lugar en el Centro de Cultura Contemporánea de Barcelona el festival “The Influencers” y, más tarde, también en Barcelona se celebraron las

Hay que destacar que algunas de las imágenes que aparecen son recreaciones realizadas a partir del software analizado en el volumen teórico "Alear: Arte procesual-aleatorio". Estamos hablando de varios tipos de "shareware" como "Auto-illustrator", "Autoshop" (ambos son obras de Adrian Ward) y de Mazaika.

3ª aproximación.- "Alear Arte procesual-aleatorio" La aleatoriedad en el Computer-art es un estudio teórico y reflexivo sobre la aleatoriedad aplicada al *Computer-art*, incluyendo el análisis de textos y obras de otros artistas y científicos que han utilizado el concepto del azar para articular sus propios trabajos y reflexionar sobre la complejidad de nuestra realidad. También se interpretarán algunos de los aspectos suscitados por el debate creado por la unión de lo artístico y lo tecnológico.

Esta aproximación teórica es una investigación alrededor del concepto de Azar aplicado al *Computer-art*, aunque, el término *Computer-art* sea para algunos estudiosos del tema una desafortunada denominación, ya que, tal y como dice J.L. Brea, "no parece que ninguna especificación técnica del soporte debiera considerarse como rasgo pertinente para una categorización estética"⁸. Coincidiendo con esta afirmación, pensamos que la técnica por sí sola no puede llegar a determinar ninguna categorización estética. Sin embargo si que es determinante todo el pensamiento que generamos con ella.

Si en épocas anteriores lo caótico, lo irregular era un referente poco sugerente, ahora con el ordenador y con una sencilla operación matemática que pueda generar aleatoriedad, ha pasado a ser un elemento crucial para entender la actualidad del arte contemporáneo.

Agradecimientos. Para exponer mis múltiples agradecimientos a todas las personas que de alguna manera me han ayudado a poder realizar esta tesis, debería mencionar a todos los que han convivido conmigo durante esta larga y ardua trayectoria de apasionante elaboración de un trabajo que representará una parte importante de mis objetivos como docente y artista.

Creo que es importante remarcar mi accidente de tráfico sufrido el día 31 de marzo de 2001, hasta entonces mi labor se había centrado en la recogida y lectura

"II Jornadas críticas sobre propiedad intelectual". Ambos eventos concentraron y mostraron la complejidad cultural en la que se vive la adaptación o respuesta ante la rápida difusión de las tecnologías digitales.

⁸ - Brea, José Luis. "La era postmedia". Pág.32. <http://www.laerapostmedia.net>

I Investigación científica y prácticas artísticas entorno a la aleatoriedad

o1. Preliminares

de documentación hacia lo que intuitivamente se dirigía la temática de mi tesis. Mi desaparición durante dos semanas en la UVI y ser substituido por una máquina clínica que me mantenía las constantes vitales no determinó ni dobló el curso ya iniciado de mi trabajo, solo supuso un largo paréntesis y una coincidencia con lo que posteriormente sería la temática de mi tesis. La aleatoriedad me hizo desaparecer y, más tarde, reaparecer del mapa de mi conciencia emocional. La aleatoriedad fue la que determinó hablar del mismo azar.

Especiales recuerdos destaco para los que posibilitaron mi concentración, a Lluís Llobet de la casa de Farrera “Art i Natura”, a Carmen Abad en su casa del tranquilo pueblo vasco de Plentzia. Gracias a mi estancia en New York y de la mano de Kermit Ferrer pude conocer los trabajos de algunos de los autores que aquí desarrollaré, así como la Galería Bitforms⁹ especializada en *Computer art*.

Me resulta necesario hacer una distinguida mención a Eva, su continuo ánimo y ayuda no ha cesado hasta el último detalle de todo el trabajo. Mis cursos, junto con Montse Carreño en los *Tallers de Gravat de la Fundació Pilar i Joan Miró* de Palma de Mallorca y coordinados por Joan Olivé, posibilitarán explorar mis campos de estudio y compartir mis intenciones con ellos.

La parte que corresponde al diseño del “Alear v_shots” y de “Alear Arte procesual-aleatorio” deben directamente la ayuda al equipo de la agencia “Factor Essencial” dirigida por Alex Puig y a Natalia Roses como directora de arte. Mi colaboración con el equipo de “Grasa Studio” se vió recompensado por las aportaciones de los diferentes componentes que lo han ido conformando. Especial mención debo realizar a las ocurrencias y valiosas propuestas del compañero Senen García, responsable al mismo tiempo de la programación de “Alear v-cd”

Han sido muy relevantes las ayudas que he recibido de Felipe Osanz, Maite Clavo, Eugenia Agustí y Stela Vecina. He recibido una especial atención y aportación siempre constructiva por parte de mi directora Alicia Vela, posibilitando que este trabajo tenga un cuerpo inteligible y estructurado tanto en la forma como en su contenido.

⁹ <http://www.bitforms.com>

o12. Introducción

Había un grupo de personas, hombres y mujeres, viejos y jóvenes, todos vestidos con los trajes más extraños y sin hablar. En el suelo había un montón de grandes dados, y en los seis lados de cada dado había letras. Una y otra vez, aquellas personas revolvían los dados y luego los contemplaban fijamente largo tiempo.

-¿Qué hacen?- susurró Bastián-. ¿Qué clase de juego es éste? ¿Cómo se llama?

-Es el juego de la arbitrariedad –respondió Árgax. Les hizo señas a los jugadores y gritó-: ¡Bravo, muchachos! ¡Adelante! ¡No os detengáis!

Luego se volvió a Bastián y le cuchicheó al oído:

-Ya no saben narrar. Han perdido el lenguaje. Por eso he inventado ese juego para ellos. Como ves, los entretiene. Y es muy fácil. Si lo piensas, tendrás que admitir que todas las historias del mundo, en el fondo, se componen sólo de veintiséis letras. Las letras son siempre las mismas y sólo cambia su combinación. Con las letras se hacen palabras, con las palabras frases, con las frases capítulos y con los capítulos historias. Mira, ¿qué pone ahí?

Bastián leyó:

HGIKLOPFMWEZVXQ
 ZXCVBNMASDFGHJKLÑ
 QWERTYIOP
 ASDFGHJKLÑ
 MNBVCXZLKJHGFDSA
 POIUYTREWQAS
 QWERTYUIOPASDF
 ZXCVBNMLKJ
 QWERTUIOP
 ASDFGHJKLÑZXC
 POIUYTREWQ
 ÑLKJHGFDSAMNBV
 GKHSRYIP
 ARCGUNIKYÑ
 QWERTYUIOPASD
 MNBVCXZASD
 LKJUONGREFGHL

I Investigación científica y prácticas artísticas entorno a la aleatoriedad

o1. Preliminares

-Sí –se rió sofocadamente Árgax-, casi siempre pasa eso. Pero si se juega mucho tiempo, durante años, surgen a veces, por casualidad, palabras. No palabras especialmente ingeniosas, pero por lo menos palabras. “Calambrespinaca”, por ejemplo, o “choricepillo”, o “pintacuellos”. Sin embargo, si se sigue jugando cien años, mil años, cien mil años, con toda probabilidad saldrá una vez, por casualidad, un poema. Y si se juega eternamente tendrán que surgir todos los poemas, todas la historias posibles, y luego todas las historias de historias, incluida ésta en la que precisamente estamos hablando. ¿Es lógico, no?

-Es horrible –dijo Bastián.

-Bueno –dijo Árgax -, depende de cómo se mire. Ésos de ahí... digamos... se dedican a ello apasionadamente. Y además, ¿qué otra cosa podríamos hacer en Fantasía con ellos?¹⁰

En el extracto de este clásico del género fantástico, M. Ende refleja una especial noción del azar, a través del llamado “juego de la arbitrariedad”. Aquí, el azar queda representado como “una parte de una totalidad”, siendo la “parte” la elección del jugador y la “totalidad” la realidad en la que éste vive. Es decir, que conociendo todas las probabilidades de una elección podemos conocer toda nuestra supra-realidad, todas nuestras posibles e infinitas realidades, eliminando, aniquilando de esta forma la idea de azar, ya que llegamos a controlarla, la sabemos predecir.

El interés de esta cita reside en el paralelismo que se establece respecto a la noción de azar con la pieza “Alear v_cd” que presento como proyecto visual y sonoro en esta tesis. Como autor de la pieza, conozco todas las probabilidades de elección que puede determinar el ordenador, conozco toda su realidad, su supra-realidad. La vida de “Alear v_cd” siempre será imprevisible dentro de unas coordenadas determinadas por mí, dando a lugar una pieza con resultados siempre diferentes aunque siempre conocidos o previsibles.

Las numerosas y múltiples, aunque finitas, combinaciones de las diferentes partes que conforman la programación de “Alear v_cd” otorgan al proyecto el carácter “aleatorio”. Analizaremos en esta tesis la especificidad aleatoria presente en el arte concebido dentro de los parámetros del ordenador.

Presento esta tesis con la pretensión de introducir y estudiar aplicaciones artísticas y variantes teóricas derivadas de “la presencia asombrosamente grande y multiforme de lo computacional”¹¹, del cálculo numérico y la aleatoriedad en

¹⁰ Ende, Michael. *Fragmento del capítulo XXIII “La ciudad de los Antiguos Emperadores”, La historia interminable*. Alfaguara. Madrid, 2003. págs. 359-360.

¹¹ Alvarez, Isaac. *Incursiones. Ensayos sobre la colonización computacional. Mínimo Tránsito*. Madrid, 2003, pág. 9

nuestro entorno creativo contemporáneo, y observar cómo se han convertido en un medio poderosamente condicionador de nuestras actividades artísticas.

Esta tesis está estructurada esencialmente en dos grandes bloques de contenidos teóricos e intenta conservar una coherencia interna para poder comunicar con claridad su idea principal: la relación del azar con el ordenador. Primeramente se plantea un gran bloque titulado “I Investigación científica y prácticas artísticas entorno a la aleatoriedad” en el que reúnen reflexiones entorno al azar desde la perspectiva científica, tecnológica, musical y literaria. El segundo gran bloque, bajo el nombre “II Computer-art y aleatoriedad”, se centra en el territorio propio de *Computer-art* para analizar su relación con los componentes aleatorios, ver cuando se origina esa relación y porqué.

Esta investigación se inicia a partir de la pregunta ¿porqué hablamos de azar?. Este planteamiento se ubica entorno al campo de la ciencia, para ver como a partir de la segunda mitad del siglo XX, aparecen unos cambios estructurales importantes que determinarán todo su desarrollo posterior hasta la actualidad y repercutirán al mismo tiempo a diferentes ámbitos del conocimiento. ¿Qué significará la crisis de las teorías científicas totalizadoras?. Veremos cómo el azar juega un papel fundamental. En el capítulo “o2. La expansión del caos”, vemos como el indeterminismo cobra fuerza en detrimento del determinismo y como en la ciencia surgen nuevas teorías para tener cierto control de la aleatoriedad, del caos. En este mismo capítulo se comparan las dos fuentes de conocimiento de la Ciencia y del Arte y la relación que mantienen con el azar: cómo el científico ha intentado sortear al azar y como, por el contrario, el artista se aproxima a él para reutilizarlo. Planteamos las visiones de diferentes científicos de la actualidad respecto al azar y vemos como sus propuestas cambian las estructuras de la modernidad y definen un nuevo entorno mucho más complejo, una nueva realidad en la que la teoría de la complejidad marca un antes y un después en el desarrollo del conocimiento humano.

¿Porqué nos interesará desarrollar algunas reflexiones del pensamiento de Jorge Wagensberg? Este investigador y pensador de la ciencia nos plantea que la postura del científico debe tomar un nuevo rumbo. A diferencia de la propia ciencia que es un sistema “abierto” con componentes deterministas, el científico debe ser indeterminista, cuestionador y buscar explicaciones divergentes, a fin de entender la esencia del “cambio” como la capacidad de transformar, de construir o de incorporar los significantes poderosos, en la complejidad del mundo. Las leyes científicas tienen capacidad predictiva mientras no aparezcan en escena las

I Investigación científica y prácticas artísticas entorno a la aleatoriedad

o1. Preliminares

“fluctuaciones”; a través de éstas el azar se rebela contra dicha capacidad. Nos damos cuenta que Jorge Wagensberg con su postura se alinea con las nuevas propuestas de los científicos que investigan y revolucionan las ideas sobre nuestra realidad, una realidad en la que atribuyen gran importancia a la aleatoriedad, a la pluralidad de los posibles y del caos. Contraponen sus teorías a la física y la ciencia modernas constituidas justamente sobre el rechazo de todos estos conceptos. La diferenciación que realiza Wagensberg entre Azar Epistemológico y Ontológico me da pie a poder desarrollar el discurso de esta tesis, y a poder entender cuál es el comportamiento de los componentes aleatorios en productos digitales y/o artísticos. Paralelamente a nuestra actualidad artística, no podemos olvidar como las investigaciones de la ciencia también implican de una manera determinante la evolución del conocimiento. Veremos cómo científicos de diversas disciplinas se han puesto de acuerdo en las últimas tres décadas para hablar de la existencia de nuevas leyes en la naturaleza, que incluyen la posibilidad de la innovación. Según Prigogine ¹², es el devenir abierto a la probabilidad, es decir, a las reglas dentro de lo aleatorio, lo que viene a significar que estamos frente a un universo abierto, en expansión y por lo tanto, de creciente complejidad.

¿Porqué también nos interesa hablar sobre la nueva problemática estudiada por Benoît Mandelbrot¹³? Este matemático nos introduce en un campo de investigación definido a partir de un nuevo lenguaje conocido con nombres tales como "teoría de los sistemas dinámicos", "teoría de la complejidad", "dinámica no lineal" o "teoría del caos", y que reemplaza la visión mecanicista del universo por una visión de naturaleza dinámica. En ésta, los fenómenos naturales se encuentran en un proceso de crecimiento, desarrollo e interdependencia que muestran una nueva regularidad, precedida por la inestabilidad y el no-equilibrio, y que explica los procesos dinámicos, la auto-organización, los fractales, los patrones, las estructuras disipativas y los campos mórficos, que constituyen la nueva síntesis de la complejidad. Nosotros haremos una especial atención sobre los fractales, cómo formas plásticas surgidas de los cálculos matemáticos.

Hasta este punto, se dará por definida una idea de azar, una idea contextualizada dentro del mundo científico. Más adelante, ya en el capítulo “o3. Precedentes aleatorios en el arte” la tesis busca referencias en las corrientes culturales de la historia del arte del siglo XX, importantes como precursoras conceptuales y que sirven como orígenes ideológicos para muchos de los trabajos que se presentarán

¹² Prigogine, Ilya. *Las leyes del caos. Crítica. Barcelona, 1999.*

¹³ Mandelbrot, Benoît. *Los objetos fractales. Forma, azar y dimensión. Tusquets Editores. Barcelona, 1996, pág. 53.*

en el segundo gran bloque “I Computer-art y aleatoriedad”. ¿Cómo se refleja en el arte, paralelamente en la ciencia, la relevancia de azar?. El anhelo de lo nuevo como ideología moderna se convirtió en una base referencial para todas las Vanguardias del siglo XX. En ellas los artistas comenzaron a utilizar objetos encontrados (como por ejemplo los *collages* de Picasso, los “*object-trouvé*” de los surrealistas, los “*ready made*” de Marcel Duchamp), empezaron a agitarse los ajustes sociales y los planteamientos del no-arte iniciaron la invasión del espacio de la vida diaria¹⁴. Las obras de arte pasaron a ser un acto totalmente implicado con la vida del artista. Este vivía sus propias obras que aparecen como expresión de una concepción global de la realidad. Incluso las podríamos llegar a definir como trabajos generativos, sumidos al devenir, nacidos de la ensoñación y espacio interior universal, que se crean al mismo tiempo que las pensamos. Estas maneras de concebir la creación de la obra llegaron a ser desarrolladas, por ejemplo, en el Dadaísmo y el Futurismo como forma fundamental de sus radicales propuestas, y será justamente en esos movimientos donde el factor de lo impredecible e indeterminado cobra un valor hasta el momento totalmente desconocido en la historia del arte. La “randomización”¹⁵ y lo accidental se aceptaron como factor importante en el proceso creativo y en la realización de los trabajos artísticos. La industrialización influenció a los artistas y éstos comenzaron a usar materiales y procesos industriales en sus trabajos, en fotografía, cine y experimentos de mediados de siglo con grabaciones musicales electrónicas, tal como se desarrolla en los trabajos de P. Schaeffer, I. Xenakis o K. Stockhausen. Los experimentos de M. Duchamp dieron lugar a la desmaterialización del arte, justo antes de la aparición de los ordenadores y, a mitad de siglo, el arte conceptual se aceptó ampliamente entre los artistas, las instituciones y el público.

Una vez analizado, en este tercer capítulo, el campo que iba abarcando el azar durante las Vanguardias y la segunda mitad del siglo XX, damos por acabado el primer bloque “I Investigación científica y prácticas artísticas entorno a la aleatoriedad” para dar paso al segundo gran bloque “II Computer-art y aleatoriedad”. Este bloque lo iniciamos hablando sobre la relación específica entre el ordenador y la aleatoriedad. Será aquí donde encontremos el núcleo central de esta tesis, hallamos el motivo de su desarrollo. Se refleja aquí nuestra fascinación,

¹⁴ por ejemplo, la construcción de la “catedral de la miseria erótica”, el “*Merzbau*” de Schwitters.

¹⁵ Expresión derivada de la palabra anglófona *Random* que significa aleatorio. El hecho de que la evolución de las tecnologías es ahora más rápida que la lengua provoca, a veces, que cuando un término es adecuadamente traducido, la función o el objeto a que se refiere ya habrá sido traducido por otro.

I Investigación científica y prácticas artísticas entorno a la aleatoriedad

o1. Preliminares

seducción e interés hacia la riqueza del azar en el Computer-art para realizar esta investigación.

Nuestra propuesta en esta tesis es introducir un nuevo vocablo para definir lo que está sucediendo actualmente en el arte contemporáneo cuando se crea y se ejecuta lo programado con el ordenador, con una atención especial al medio o a la tecnología con la cual se está creando. Este vocablo es el binomio “Arte procesual-aleatorio”.

En el capítulo “o4. Arte procesual-aleatorio” es donde analizaremos la necesidad de dar un nombre clasificatorio al conjunto de trabajos que por un lado utilizan el microprocesador como elemento básico para su desarrollo y ejecución, y por otro lado, al conjunto que incorpora componentes aleatorios y que lo dotarán de un carácter diferenciador. Por eso propongo un nuevo binomio compuesto por “procesual” y por “aleatorio”. Para demostrar que nuestra categorización estética no surge solamente por una determinación técnica y para delimitar un poco más nuestra línea de investigación, se determinarán y desarrollarán las principales características de este conjunto de trabajos englobados dentro de lo que llamaremos “Arte procesual-aleatorio”. Plantearemos unas pautas que intentan dotar a esta estética identidad propia y diferenciarla de la gran proliferación de estudios teóricos sobre nuestra nueva cultura digital. Es una pretensión de análisis de “la estética del azar” reflejada a través de seis características que se cumplen parcial o totalmente en las obras que más tarde se exponen. Estas pautas reflejan la exclusividad de un estudio respecto a los trabajos que se pueden distribuir en *CD-Rom*, *DVD* o a través de Internet.

En el capítulo “o5 Precedentes aleatorios en el Computer-art” se hará un repaso sobre los orígenes del ordenador, para más tarde hablar de los primeros artistas-ingenieros que utilizaron el ordenador como medio de expresión o como una pura investigación gráfica y científica. En primer lugar, veremos como el campo de investigación y experimentaciones artísticas han cambiado enormemente respecto a los movimientos culturales de principios del siglo pasado. Las Vanguardias del siglo XX criticaron a todas las instituciones y a la tradición, la práctica del arte se convirtió en una actividad destructiva e indeterminable. Las primeras relaciones que el arte moderno empezó a tener con la tecnología se situaban a un nivel de maestría, de habilidad en el proceso. El artista usaba la tecnología como una herramienta más en su proceso de elaboración, siempre acentuando la racionalidad o irracionalidad de la humanidad. Estos movimientos utilizaron la tecnología en sus procesos de trabajo y/o crearon obras de arte tecnológicas en sí

mismas. Sin embargo, en su lado opuesto, ya en el Postmodernismo, el arte pasa a ser visto como un elemento de placer de la subjetividad y de la creatividad. El arte se convierte en algo menos matérico, mucho más experimental y no se contenta sólo con explicar el mundo, sino que experimenta con él.

En segundo lugar, la razón de este cambio de concepción de la realidad es debido a los cambios drásticos que nuestra tecnología ha experimentado durante estos cincuenta años pasados. La tecnología ha llegado a ser tan extremadamente compleja que ya no podemos controlar todos sus efectos sobre nuestro comportamiento. Tenemos dificultades en entenderla o describirla, al tiempo que se está introduciendo dentro de nuestras vidas como si se tratara de una segunda naturaleza. La única cosa que podemos hacer es relacionarnos con la tecnología de una manera crítica e intentar influenciar en su evolución de manera significativa para el futuro de nuestra especie. Esta es una cuestión importante de nuestra cultura, encontramos a artistas trabajando en vida e inteligencia artificial, en telecomunicaciones, en arte genético, en arte del caos...; para muchos de estos artistas, su trabajo es una tentativa de entender las implicaciones de esta nueva tecnología y de nuestra relación con todas sus potencialidades, apasionantes pero al mismo tiempo aterradoras. Nos centramos en como la nueva tecnología digital se compara a la tecnología moderna y expongo algunas de las consecuencias que ésta ejerce sobre nuestra cultura, las artes y el ser humano.

¿Cuándo se inician los primeros trabajos considerados como *Computer-art*?

¿Cuándo se empezó a introducir componentes aleatorios en el ordenador bajo perspectivas artísticas? En el capítulo “o52. Tanteos computables” se ubican y se estudian las primeras aplicaciones artísticas mediante medios digitales.

Analizaremos la importancia de las primeras investigaciones gráficas, las conocidas “infografías” y los primeros desarrollos de este tipo de imagen en movimiento. Veremos cómo el azar está presente desde los mismos inicios de la producción artística de trabajos computacionales. Son los pioneros del *Computer-art* los primeros que utilizan la nueva tecnología digital como medio de creación y de experimentación, así como los primeros que lo utilizan para conocer el comportamiento de la aleatoriedad introducida y computada por el ordenador.

En el último capítulo “o6. Aplicaciones contemporáneas del azar en el *Computer-art*” encontraremos el análisis de diversos autores y de sus trabajos, donde todos ellos participan en diferentes intensidades del concepto “*Arte procesual-aleatorio*”. Podemos llegar a entender cómo hoy el azar (el azar epistemológico) alcanza un importante protagonismo sin parangón respecto al pasado; cómo son pocos los

I Investigación científica y prácticas artísticas entorno a la aleatoriedad**o1. Preliminares**

procesos creativos que no incorporan algún elemento aleatorio, ya sea tenido en cuenta como un proceso para elaborar una obra final, ya sea para realizar una pieza artística aleatoria en sí misma. Al mismo tiempo, mi pretensión es analizar estas piezas artísticas bajo esta perspectiva para poder entender la globalidad compleja del *Computer-art*, el porqué de su estética múltiple y su compleja ideología.

o2. Expansión del Caos

- o21. Repercusiones de la complejidad**
- o22. Fluctuaciones matemáticas. Fractal**
- o23. Simulador de aleatoriedad**

o2. Expansión del Caos

En este capítulo se intentará definir la influencia del papel del azar dentro del mundo científico para, en capítulos posteriores, poder entender como ésta conexión ha ido influyendo en múltiples propuestas artísticas.

A partir de la segunda mitad del siglo XX, las investigaciones de la ciencia empiezan a hacer tambalear los cimientos sobre los cuales la misma ciencia se asienta para controlar la realidad que rodea al hombre; la mecánica newtoniana empezaba hacer aguas por la aparición en escena de la complejidad. Este capítulo nos servirá para poder plantear una hipótesis que a la vez realimentará el desarrollo de esta tesis. Existe un interrogante que formula la relación existente entre las consecuencias de la crisis de las teorías totalizadoras de la ciencia y la aparición de un elemento capaz de predecir lo impredecible: el ordenador. En la última parte de este capítulo se expone como el ordenador ha podido resolver esta cuestión planteada. El ordenador ha conseguido “simular” el comportamiento aleatorio pero, hasta el momento, parece imposible que un producto determinista pueda llegar a producir aleatoriedad pura. Teniendo en cuenta que el hombre es un generador aleatorio imperfecto, el ordenador tiene unas capacidades que lo superan.

Leyendo un texto de 1990 de N. Katherine Hayles podemos entender la actualidad y repercusión de la aleatoriedad en todos los aspectos de nuestra sociedad, así como el análisis detallado de sus orígenes como elemento fundamental en el desarrollo del conocimiento de nuestros días y cómo ha ido implicando a múltiples disciplinas: física, matemática (a través de los fractales),

termodinámica, biología, meteorología, epidemiología, literatura, etc. Nos expone el fracaso de las teorías totalizadoras en beneficio de la consideración de un hecho hasta entonces desatendido: la complejidad.

...durante la primera mitad del siglo, en muchas disciplinas existía una preocupación por desarrollar teorías totalizadoras que podían establecer conexiones inequívocas entre teoría y observación, articulación y realidad. Hacia mitad de siglo, prácticamente todos estos intentos habían fracasado o habían sufrido modificaciones substanciales. La atención se centró en los mecanismos que determinaban que lo no predecible era un hecho de la vida, en vez de ser una aberración como se entendía según la mecánica newtoniana. En física, los sistemas complejos se convirtieron en el centro de las investigaciones sobre dinámica no lineal, mecánica de los fluidos y electrodinámica cuántica. En matemática, irrumpió en la escena la geometría fractal. En termodinámica, se llevaron a cabo importantes investigaciones acerca de los sistemas irreversibles fuera de equilibrio. En biología, la teoría de los sistemas propuso la idea de que el desorden en un nivel de comunicación dentro de un organismo podía convertirse en orden en otro. Aún en campos tradicionalmente estáticos como la meteorología y la epidemiología, surgieron nuevas ideas acerca de las variaciones erráticas, que revelaron profundas estructuras de orden dentro del aparente desorden.¹

Hayles centra su investigación en mostrar que el nuevo paradigma de caos incluye elementos que ya eran evidentes en la teoría literaria y la literatura antes de llegar a destacarse en las ciencias naturales. Afirma que tales similitudes entre las ciencias naturales y las ciencias humanas no son el resultado de influencias directas, sino de la existencia de raíces en una matriz cultural común “...Poco a poco, debido a las radicales inestabilidades que se produjeron dentro de los textos, se fue generando en la literatura un interés por el desorden y lo imprevisible, análogo al que ya existía en las ciencias. En la ficción contemporánea, el giro hacia el desorden encontró expresión en la obra de escritores como William Gaddis, Don De Lillo, Robert Cover y William Burroughs...”²

Sobre este cambio de paradigma se ha escrito mucho y tenemos muchas fuentes que reafirman un nuevo panorama en el constante desarrollo del conocimiento humano.

¹ Hayles, N. Katherine, *La evolución del Caos*, Gedisa. Barcelona, 2000, pág.14.

² Hayles, N. Katherine, *La evolución del Caos*, Gedisa. Barcelona, 2000, pág.15.

o21. Repercusiones de la complejidad

Aunque el concepto de orden sea ambiguo, las grandes perplejidades surgieron hace poco, cuando la comprensión del mundo empezó a desvincularlo de uniformidad y equilibrio. No identificado ya con lo simple y permanente, sino con “lo múltiple, temporal y complejo”, el orden experimenta por todas partes el embate de la incertidumbre que ahora no se reduce al punto de vista del observador y contagia de raíz a lo observado.

Escohotado, Antonio³.

Este apartado tiene una importancia clave en el desarrollo de esta tesis, ya que será el lugar donde se definirá el concepto de azar y/o aleatoriedad, a partir de la aportación de reflexiones sugeridas por algunos pensadores y científicos. Éstos nos hablarán de la aparición de nuevos elementos impredecibles que intervienen y se desarrollan en nuestra realidad, en nuestra naturaleza y que antes éramos incapaces de concebirlos. Este intento de definición nos servirá para ubicar el tipo de azar que aplicamos cuando estemos hablando de aleatoriedad en el *Computer-art*, la definición y las reflexiones que se derivan nos podrán ofrecer un conocimiento más concreto de sus aplicaciones digitales. Las traducciones plásticas obtenidas mediante la utilización del azar tendrán una visión más global y justificada ante una realidad que se nos presenta impredecible y desconocida.

Antes de seguir adelante, es importante aventurarse a lanzar un primer significado del concepto azar y a diferenciarlo de otros como “probabilidad”, “aleatoriedad controlada”, “elementos impredecibles”, etc... Lo hago a partir de mi sintonía con una clara y valiosa aportación que hace Martin Súppler, dentro del ámbito musical,

³ Escohotado, Antonio. *Caos y Orden*. Espasa Calpe. Madrid, 2000, pág. 12

en uno de sus capítulos sobre a la composición algorítmica con elementos aleatorios.

...Consideramos que las cosas son efecto del azar cuando no presentan a nuestra percepción ningún tipo de regularidad ni muestra alguna de determinación, y cuando no conocemos la causa que las han generado.

El "Azar" no comporta en sí mismo ninguna pretensión de realidad: no es más que un concepto para describir nuestra ignorancia respecto a la manera en que las diferentes partes de un fenómeno se relacionan entre sí y respecto al resto del cosmos. En cambio, con el concepto de "probabilidad" hacemos referencia a nuestra ignorancia. Cuando, ante dos eventos que no pueden existir simultáneamente, estamos seguros de que uno de ellos debe producirse y no vemos ninguna razón conforme a la cual uno de ellos pueda hacerlo más fácilmente que el otro, la existencia o inexistencia de ambos es igualmente probable...⁴

Esta diferencia que hallamos entre los conceptos de azar y probabilidad es la que Jorge Wagensberg intenta definir extensamente en el libro, "Ideas sobre la Complejidad del Mundo"⁵. En él, se nos define el azar bajo dos categorías diferenciadas, como corrosivo y creador, epistemológico y ontológico. El concepto central de este libro es el tratamiento de la complejidad y como ésta se explica utilizando el conocimiento científico o el conocimiento artístico, según sea el tipo e intensidad de la complejidad. A partir de este momento, se reúnen varios temas que coinciden con uno de los objetivos fundamentales de mi investigación: la relación entre arte y ciencia a través del análisis de los componentes aleatorios. De esta manera pretendo sentar unas bases objetivas a partir de las cuales se llega a reflejar una postura determinada respecto a la idea de Azar.

Wagensberg plantea cómo las leyes científicas tienen capacidad predictiva mientras no aparezcan en escena las "fluctuaciones", los elementos inestables. Es entonces cuando el azar se hace presente, se rebela contra dicha capacidad. El azar es uno de los elementos que Wagensberg trata en profundidad, en varios capítulos, como concepto inherente a la esencia del "cambio", referido éste a la estabilidad y a la evolución. El "cambio" es un factor primario que establecemos para el estudio de la complejidad, término que la ciencia moderna intenta aprehender sin haber conseguido todavía definir satisfactoriamente.

⁴ Supper, Martin. *Música electrónica y música con ordenador*. Alianza música. Madrid, 2004, pág. 92

⁵ Wagensberg, Jorge. *Ideas sobre la complejidad del mundo*. Tusquets. Barcelona, 1985.

I Investigación científica y prácticas artísticas entorno a la aleatoriedad

o2. Expansión del Caos

El hombre fue creado con ciertos tipos de herramientas de que no disponen los animales no racionales, para que hiciera frente a los enigmas e interrogantes del mundo. Nos damos cuenta de que el poder humano de indagar ha sido su arma principal. Incluso la cibernética está ayudando a descubrir aceleradamente muchos secretos de la naturaleza, que aunque aún inexpugnables; podemos decir que ya empieza a descifrar. La llamada inteligencia artificial está causando furor pero siempre con la guía y con la orientación que le suministren los hombres de ciencia. Es decir, la máquina no puede sustituir al hombre, a menos que se deje sustituir por ella.⁶

Es oportuno referirnos a la cosmología moderna, la cual nos suministra una historia del universo en consonancia a la complejidad creciente; además, está el hecho de que ciencias como la física, la química, la biología, la sociología así como el arte o la cultura, nos presentan componentes de la complejidad en los que se evidencian signos de aleatoriedad e irreversibilidad. Por eso, el paradigma clásico ha cambiado hasta tal punto que en palabras de Wagensberg se ha invertido.

...Lo naturalmente natural era antes lo determinista y lo reversible; lo artificialmente excepcional era lo aleatorio e irreversible. Hoy se acepta la idea exactamente opuesta. De este modo se ha creado un prometedor desconcierto en ciencia...."
"...No puede comprenderse la complejidad con una ciencia en la que tales componentes han sido excluidos previamente. Molestos conceptos, antaño omitidos por indeseables, deben ser rehabilitados e introducidos. Tal ha ocurrido ya con ideas como las de azar, probabilidad, fricción, disipación, no equilibrio, no reversible, fluctuaciones..."⁷

La naturaleza tiene suficientes ejemplos para demostrar que lo aleatorio e irreversible es algo inherente a ella, aunque tales hechos podamos calificarlos de excepcionales. Lo aleatorio pasa a tener un papel protagonista en los análisis científicos de nuestra más reciente actualidad. *"Procesos vitales tales como el crecimiento, la diferenciación o la propia evolución biológica son flagrantemente irreversibles"*.⁸ Recalando en este punto también es interesante como N.K. Hayles centra en la exploración cosmológica el origen del valor y la trascendencia de los elementos aleatorios:

⁶ Podemos recordar que esta idea vertebró uno de los géneros filmicos de la ciencia ficción. Pertenecen a él, "Matrix" y "Gosht in the shell", donde la acción principal ocurre en un contexto en el que el desarrollo del hombre le ha conducido a ser sometido por el poder creciente de la máquina.

⁷ Ideas sobre la complejidad del mundo. Op. cit. pág. 12.

⁸ Ideas sobre la complejidad del mundo. Op. cit. pág. 28.

Todo empezó con la luna. Si la Tierra hubiera podido girar alrededor del Sol, sin verse perturbada por las complicaciones que el campo gravitatorio de la luna introdujo en su órbita, las ecuaciones del movimiento de los planetas de Newton habrían funcionado muy bien. Pero cuando la luna entró en escena, la situación se tornó demasiado compleja como para que la mera dinámica la explicara. La luna atraía a la Tierra, causando perturbaciones en la órbita terrestre, lo que modificaba la distancia entre la Tierra y el Sol, lo que a su vez alteraba la órbita de la luna alrededor de la Tierra; y eso significaba que la base original para los cálculos había cambiado y era necesario empezar otra vez desde el principio.⁹

Podemos afirmar entonces que la ciencia no descubre leyes de la naturaleza, sino que el científico las propone para averiguar si la naturaleza las quiere obedecer. Cuando nos referimos al azar, estamos aceptando su incapacidad de predicción, llegando a poder entrar en crisis si la complejidad aumenta. En este caso se utiliza el arte para comunicar complejidades ininteligibles. O en el caso extremo, utilizamos el conocimiento divino. “...Sólo hay tres formas fundamentales de conocimiento: el científico, el artístico y el revelado. Todo conocimiento real es la superposición ponderada de las tres formas”¹⁰

Refiriéndonos nuevamente al azar, podemos decir que el término nació del concepto de ignorancia, esto es, de la falta de información. Lo definiremos como un fenómeno aleatorio. Aleatorio procede del latín y es lo relativo al azar o lo que depende de algún suceso casual. Entendemos como fenómeno aleatorio, todo aquél que se resiste a ser descrito por un formalismo, que no permite ser reducido por un proceso algorítmico conocido. El azar muestra dos comportamientos distintos. Existe un azar corrosivo, deshacedor y disciplinado, “...En términos del cambio biológico diríamos que es un azar vencido por la voluntad de los sistemas que quieren conservar lo conseguido. Pero existe también un azar creador y creador con el que especulan las complejidades espontáneas lejos del equilibrio termodinámico...”¹¹. Este otro tipo de *azar creador* representa el aspecto innovador y revolucionario de los sistemas complejos, y en particular de los sistemas vivos; es un azar necesario como fuente inagotable de complejidades nuevas. El azar creador es “...una idea para una nueva cosmología en la que el determinismo y

⁹ *La evolución del Caos Op. cit. pág. 19.*

¹⁰ *Ideas sobre la complejidad del mundo. Op. cit. pág. 163.*

¹¹ *Ideas sobre la complejidad del mundo. Op. cit. pág. 52*

I Investigación científica y prácticas artísticas entorno a la aleatoriedad

o2. Expansión del Caos

*azar no sólo son compatibles, sino aliados en la tarea de explicar la naturaleza...*¹²

En esta línea de pensamiento, el azar es un concepto complementario del conocimiento y su presencia en el universo ayuda al avance del conocimiento. La ciencia se ha visto obligada a aliarse con el azar incorporando el concepto de probabilidad.

Wagensberg nos propone comprender la evolución como una sucesión de estados cada vez más desorganizados. Una evolución espontánea, como todo un cambio, un conjunto de estados.

*...El proceso consiste pues, en una sucesión de estados cada vez más probables y, en consecuencia, cada vez más caóticos, aburridos y feos. El estado final es ... un estado en el que ya nada más puede ocurrir....*¹³

Generalmente invocamos al azar cuando la información, o parte de ella, nos es negada. Pero la ciencia y otras formas de conocimiento modernas le asignan al azar un papel protagonista creciente cuando se trata de explicar fenómenos relevantes o trascendentes. Llamemos *azar epistemológico* (con minúsculas) a nuestra ignorancia, es decir, la ignorancia del sujeto observador y pensante, a causa de leyes insuficientes, observaciones torpes y débil potencia de cálculo. Este concepto de azar es relativo al conocimiento, con leyes que implican cierto determinismo limitado. Un científico determinista siempre está dispuesto a afirmar que ningún razonamiento es capaz de excluir la posibilidad de encontrar un nuevo formalismo para describir y predecir exactamente las fluctuaciones, el azar o los errores. Resulta difícil aceptar la idea de una conexión total de la naturaleza, por lo que los científicos están dispuestos a cambiar los razonamientos, modificarlos o sustituirlos cuando se detectan inconsistencias. La ciencia es en esencia determinista, pues representa el intento permanente por suministrar la imagen del mundo conocido mediante un sistema cerrado y perfecto.

....Las leyes son deterministas, pero eso no significa que lo sea la naturaleza. Confiamos nuestra seguridad y nuestro progreso a la ciencia porque nos aferramos a su determinismo, mejor dicho, en nuestra vida cotidiana lo forzamos en un intento de alejar un azar que se nos antoja catastrófico. La imagen que hemos dado al azar...según la cual el determinismo es un postulado, algo que nosotros esperamos sea verdadero y que aceptamos con intención positivista...

¹² Ideas sobre la complejidad del mundo. Op. cit. pág. 52

¹³ Ideas sobre la complejidad del mundo. Op. cit. pág. 31.

... El determinismo está en las leyes, pero en los nudos de la inmensa red de leyes que es la ciencia laten eternamente las fluctuaciones dispuestas a crecer y a participar en la aventura de la evolución. En este sentido me uno a los indeterministas...¹⁴

En la cita anterior observamos que los denominados nudos de la gran red de leyes deterministas existentes quedan a oscuras al seguir los caprichos del azar. Sin embargo, controlar o atenuar el azar no quiere decir desterrarlo, sino más bien garantizar que éste no supere cierta magnitud. Así que el determinismo científico permanece incólume mientras el azar es controlado, es decir, mientras las fluctuaciones no avanzan. Sin embargo, existen ocasiones en que no es posible atenuar las fluctuaciones sino que crecen o se amplifican. En estos momentos, el azar se rebela contra el determinismo y las leyes ya no tienen capacidad reproductora ni de predicción. Se trata pues en definitiva, de que entendamos el papel que ejerce el azar en lo que hemos llamado la esencia del cambio. La presencia latente de fluctuaciones permite tener la imagen de un universo dispuesto a ser testigo del triunfo del azar. En el lenguaje científico existe el azar epistemológico y de él han surgido términos como fluctuaciones, error, mutación, que ayudan a describir la esencia del cambio de la complejidad del mundo. Ahora bien, los sistemas que observamos a nuestro alrededor gozan de cierta estabilidad, por eso podemos verlos. Tienen la capacidad de defenderse del azar, ruido o fluctuaciones propias de su ambiente o entorno. La ignorancia de un sistema con respecto a su entorno es un reto para dicho sistema, de manera que está obligado a incrementar su complejidad para hacer frente a tal ignorancia.

Otra manera de concebir el azar se plantea cuando se habla de la lucha entre el conocimiento y el miedo (lo desconocido). El hombre, en su evolución, intenta superar etapas, adaptarse y asumirlas. El otro camino por el que puede optar es el de la desaparición. "Complicarse o morir" sería el lema. Refirámonos en este momento a una de las complejidades más interesantes, como ejemplo de ambas alternativas: el ser humano.

Está claro que, desde los tiempos de las cavernas hasta hoy, el hombre se ha ido independizando del azar con el que su entorno le mortifica. Teme menos las condiciones climáticas adversas, no depende tanto de los golpes de fortuna para alimentarse, ha inventado el dinero para amortiguar las oscilaciones de la desventura local y el crédito para amortiguar las oscilaciones del dinero. En definitiva el azar es miedo y el conocimiento combate sistemáticamente el miedo. Para eso tenemos la cultura, la

¹⁴ Ideas sobre la complejidad del mundo. Op. cit. pág. 65.

I Investigación científica y prácticas artísticas entorno a la aleatoriedad

o2. Expansión del Caos

ciencia o la tecnología. Con la tecnología, se ha hecho un lío y tal cosa ilustra, por cierto, la otra alternativa¹⁵

En la explicación de la complejidad del mundo, el azar y las leyes no se contradicen sino que se ayudan mutuamente, alternando su protagonismo.

Entremos ahora a considerar otro aspecto del azar, llamado Azar *ontológico* que identificaremos con mayúscula para distinguirlo del azar epistemológico (con minúscula). Wagensberg nos dice que:

El Azar es una entidad metafísica que representa la contingencia pura que actúa ciegamente en el universo. El azar epistemológico es un concepto del conocimiento y el Azar ontológico lo es de las cosas y de los sucesos en sí. Está relacionado con el objeto e interesa más bien a la meta pseudo o parafísica¹⁶

En este sentido, la idea de Azar *ontológico* es tan sublime como vacía. Es algo de lo que nunca sabremos nada, salvo mediante una intuición incommunicable y que no es susceptible de ser sustituido por mensaje alguno que se pueda codificar. En este sentido, contrario al azar epistemológico, que es aliado del conocimiento, el Azar *ontológico* y el determinismo son enemigos irreconciliables. La actitud científica compatible con el progreso del mundo es la del indeterminismo. "...basta que un suceso (algo finito) no sea predecible para que el mundo sea indeterminista..."¹⁷ Así que, podemos afirmar que el progreso del conocimiento obliga a expandir el conjunto de sucesos de manera tal que pueda expresar "algún suceso no es predecible". El progreso del conocimiento exige la permanente actitud indeterminista y debe considerar que un determinado suceso no es predecible ateniéndose a las teorías que maneja.

...El todo es predecible, es enunciable pero no ha sido enunciado y ello le anima a crear y probar una teoría tras otra. Cuando encuentra la mecánica newtoniana predice el movimiento de la tierra y de las bolas de billar, pero no el átomo de hidrógeno. Sin embargo, ello no le permite enunciar algo no es predecible, pues las teorías pertenecen a conjunto abierto y su labor puede continuar. Y así lo hace mientras el todo es predecible sea enunciable pero no enunciado; y así lo hace hasta que encuentra un modelo como el de Bohr o la misma mecánica cuántica capaz de dar cuenta del único suceso que quedaba pendiente en su conjunto finito de sucesos...¹⁸

¹⁵ Ideas sobre la complejidad del mundo. Op. cit. pág. 68

¹⁶ Ideas sobre la complejidad del mundo. Op. cit. pág. 71

¹⁷ Ideas sobre la complejidad del mundo. Op. cit. pág. 74.

¹⁸ Ideas sobre la complejidad del mundo. Op. cit. pág. 82

La actitud indeterminista es inherente al progreso del conocimiento científico y para eso debe considerar que un suceso no es predecible por las teorías que conoce. Tenemos entonces la formulación de las dos posturas científicas:

*El indeterminismo es la actitud científica compatible con el progreso del conocimiento del mundo. El determinismo es la actitud científica compatible con la descripción del mundo. Una actitud para crear conocimiento y otra para aplicar conocimiento, pero el progreso de la ciencia en su sentido más amplio necesita de ambos proyectos de ambas actitudes...*¹⁹

*El proceso dialéctico consiste en saltar de la actitud determinista a la indeterminista, y viceversa, según sea el tipo de contradicción consumada, esto es, según cuál de las dos actitudes sea la falsada*²⁰

El conocimiento científico es una y sólo una forma de conocimiento. El arte, la música y la filosofía, son otras formas de conocimiento para tratar de entender la complejidad, ya que pretenden construir una imagen del mundo o de alguna de sus partes. El artista que pinta un cuadro y el contemplador que trata de indagar lo que realmente quiso pintar, son un par de elementos necesarios en el deseo de comunicar su conocimiento a pesar de que éste sea ininteligible, aunque dicho conocimiento no sea una representación única de la complejidad del problema. El arte puede no ser universal a diferencia del conocimiento científico.

*... consideraremos el arte como una forma de conocimiento (acaso la más ansiosa y animosa con respecto a la complejidad del mundo) en tanto que elabora imágenes de sucesos del mundo. En particular, el conocimiento artístico se distingue del conocimiento científico por sus actitudes fundamentales. Y por tales actitudes, el segundo está más constreñido que el primero. Y por ello su utilidad (su influencia sobre nuestra interacción con el mundo) es distinta. Y por ello sabemos más del conocimiento científico que del artístico. El arte no es, en efecto, un conocimiento muy conocido. Pero se ha escrito mucho sobre él.*²¹

El método científico ha funcionado cuando la complejidad ha sido lo bastante simple, pero si la complejidad arrecia, o si no se deja descomponer en partes que explican su totalidad o si no existe un modelo, entonces no nos queda otra vía que dejar a un lado los principios científicos y aceptar la hipótesis, es decir, la comunicabilidad de complejidades ininteligibles. Dicha

¹⁹ Ideas sobre la complejidad del mundo. Op. cit. pág. 83.

²⁰ Ideas sobre la complejidad del mundo. Op. cit. pág. 130

²¹ Ideas sobre la complejidad del mundo. Op. cit. pág. 109

I Investigación científica y prácticas artísticas entorno a la aleatoriedad

o2. Expansión del Caos

*comunicabilidad la haremos mediante el arte o en último término, mediante conocimiento divino, a través del cual Dios se digna a revelarnos su conocimiento.*²²

Así que en última instancia, no existen científicos, ni artistas, ni creyentes puros; todos tienen una mínima porción de los otros dos componentes. En sus comparaciones entre el científico y el artista, según Wagensberg sale mejor librado este último, pues pretende que su contemplación tenga cierta capacidad de revelar la complejidad inicial, es decir, que su imagen finita tenga la posibilidad de arrastrar la infinitud de la complejidad. Podemos decir que el arte permite comunicar una complejidad aun cuando esta sea ininteligible, cuestión que no se le permite al conocimiento científico, tímido y tembloroso; los principios fundamentales de la ciencia convierten al científico en un sufridor lleno de contradicciones, mientras que el único principio fundamental del arte permite al artista vivir en sana paz. Pero tengamos una cuestión clara: ambos son conocimiento. Son interesantes los planteamientos de Jorge Wagensberg respecto a la existencia de nuevas leyes que han de afrontar la existencia de la aleatoriedad y cómo analiza su repercusión en el conocimiento científico y artístico.

Continuando con el análisis de la Complejidad no podríamos pasar por alto algunas de las aportaciones del científico y filósofo, Ilya Prigogine (1917-2003), considerado como el precursor de la llamada "Teoría del Caos".

*...aún estamos inmersos en el proceso de reconceptualización de la física y todavía no sabemos adónde nos llevará. Pero sin duda se abre con él un nuevo capítulo del diálogo entre el hombre y la naturaleza. Y es significativo que éste se haya iniciado en un marco que, a partir de la explosión demográfica (y de otros procesos sociales, como el auge experimentado por las técnicas informáticas), nos llevará tarde o temprano al desmoronamiento de los conceptos a veces simplistas con los que se pretendía describir la sociedades humanas.*²³

Una de las aportaciones más destacadas de Prigogine fue su posicionamiento rompedor con la tradición newtoniana y sus estudios como precursor de las teorías del caos. Juntamente con él, vemos cómo científicos de diversas disciplinas se ponen de acuerdo para hablar de la existencia de estas nuevas leyes en la naturaleza, que incluyen la posibilidad de la innovación. Según Ilya Prigogine, es

²² *Ideas sobre la complejidad del mundo. Op. cit. pág. 163*

²³ Prigogine, Ilya. *Tan sólo una ilusión. Una exploración del caos al orden. Tusquets. Barcelona, 2004, pág. 18*

el devenir abierto a la probabilidad, es decir, a las reglas dentro de lo aleatorio, lo que viene a significar que estamos frente a un universo abierto, en expansión y por lo tanto, de creciente complejidad.

Los procesos que implican azar o irreversibilidad eran considerados excepciones, meros artefactos. Hoy, vemos por doquier el papel de los procesos irreversibles, de las fluctuaciones. Los modelos considerados por la física clásica nos parecen corresponder únicamente a situaciones límite que nosotros podemos crear artificialmente, como es el ejemplo de introducir materia en un recipiente y esperar que alcance el equilibrio.

Lo artificial es determinista y reversible. Lo natural contiene elementos esenciales de azar e irreversibilidad. Esto llama a una nueva visión de la materia en la que ésta ya no sea pasiva como la descrita en el mundo del concepto mecánico, sino asociada a actividad espontánea. Este cambio es tan profundo que creo que podemos hablar con justicia de un nuevo diálogo del hombre con la naturaleza.²⁴

También nos lo advirtió M. McLuhan cuando nos habla de un universo en el cual “...el Dios newtoniano –el Dios que creó un universo semejante a un reloj, le dio cuerda y se retiró- ha muerto hace mucho tiempo. Eso es lo que quiso decir Nietzsche y ése es el Dios del cual se habla...”²⁵

La nueva problemática, que se define a partir de un nuevo lenguaje conocido con nombres tales como "teoría de los sistemas dinámicos", "teoría de la complejidad", "dinámica no lineal" o "teoría del caos", reemplaza la visión mecanicista del universo por una visión de naturaleza dinámica. En ésta, los fenómenos naturales se encuentran en un proceso de crecimiento, desarrollo e interdependencia que muestran una nueva regularidad, precedida por la inestabilidad y el no-equilibrio, y que explica los procesos dinámicos, la auto-organización, los fractales, los patrones y los campos mórficos, en lo que constituye la nueva síntesis de la complejidad. Toda una serie de conceptos que conforman una nueva realidad enfrentada con el mundo mecánico pautado por Newton, tal y como nos explica el profesor y matemático, Ian Stewart:

La revolución del pensamiento científico que culminó con Newton nos llevó a una visión del universo como un engranaje gigantesco, que funcionaba como un mecanismo de relojería, una

²⁴ *Tan sólo una ilusión. Op. Cit. pág. 23*

²⁵ McLuhan, M. *El medio es el mensaje. Un inventario de efectos. Paidós Studio. Barcelona, 1998.*

I Investigación científica y prácticas artísticas entorno a la aleatoriedad

o2. Expansión del Caos

frase que todavía se usa para expresar fiabilidad y la precisión mecánicas absolutas...

El aspecto fundamental del nuevo paradigma es la inestabilidad o el caos, convirtiéndose éste, según Prigogine, en la ley fundamental del universo que alcanza a todo lo creado, incluyendo el arte concebido con las características de las cosas vivas, los procesos vitales, así como con sus problemas de complejidad organizada.

Podríamos afirmar que el caos, la inestabilidad y el azar son los elementos constitutivos del nuevo arte de la complejidad producido en sistemas dinámicos que, desde antes de la irrupción de las nuevas tecnologías, está cambiando sus procesos creativos e inventando el futuro, al desplazar los centros vitales de la práctica artística a otros nuevos. Esto implica ir de los estados a los procesos, de los productos a los organismos y las relaciones, de lo cuantitativo a lo cualitativo, de los campos cerrados a los polisémicos, de las formas únicas a las formas múltiples, de lo determinado a lo indeterminado, de lo inmutable a lo mutable, de lo real a lo virtual, de lo contemplativo a lo interactivo.

En el plano del arte, éste ha de ser planteado de otro modo, pues su realidad no es un hecho estático ni predeterminado. La realidad del arte es la propia naturaleza, animada por fuerzas que Da Vinci llama "terroríficas"²⁶ y que una imagen estática no es capaz de reflejar, ya que a medida que se dibuja, pinta, esculpe, escribe o compone "se van complicando unas imágenes en otras" con un alto grado de complejidad. "...*Estas ideas contienen el principio del giro estético y ontológico del arte de nuestros días, al poner de manifiesto la presencia de un sistema vivo sujeto a la inestabilidad, la incertidumbre y el azar*".²⁷ Se plantea la necesidad de elaborar una estética de la complejidad visual, al incorporar los elementos de la naturaleza, la materia, los sistemas vivos y las máquinas. También nos encontramos en una constante revisión de los procedimientos del arte y estableciendo analogías integradoras en lo que se puede considerar una síntesis no lineal de la aleatoriedad, por los diversos campos, conceptos y principios que se involucran para entender el nuevo lenguaje de la complejidad en el arte.

²⁶ Da Vinci, Leonardo. *Tratado de Pintura*. Editora Nacional. Madrid, 1976.

²⁷ Solar, Myriam. *Arte de la complejidad: aleatoriedad, fractalidad, caos*
<http://www.mecad.org/e-journal/archivo/numero4/art.htm>

o22. Fluctuaciones matemáticas. Fractal

La inestabilidad que preside el nuevo paradigma introducido inicialmente por Ilya Prigogine tiene su presencia en la matemática a través de los fractales. Los fractales, "redescubiertos" a finales de la década de los setenta por el matemático Benoît Mandelbrot, han sido sobradamente explotados en el ámbito plástico, visual y 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 tres decenios de vida pública de los fractales, la ciencia ha logrado dar con aplicaciones prácticas de ellos (en ámbitos como la encriptación de datos o en diversas áreas de la física), mientras que el mundo del arte ha flirteado 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". De todas formas destacará su estudio como un nuevo y poderoso lenguaje para describir y analizar la complejidad, el comportamiento incierto y desordenado del mundo natural. Una naturaleza en la que todo cuanto existe se representa de forma irregular a través de unos patrones de organización, de unas estructuras y de un proceso. Mandelbrot expone que las aberraciones de las nuevas formas matemáticas no euclidianas planteadas en los inicios del siglo XX tienen un paralelismo revolucionario parecido a lo que supusieron las primeras formas cubistas y la música atonal:

*Desde el punto de vista histórico, la revolución se produjo al descubrirse estructuras matemáticas que no encajaban en los patrones de Euclides y Newton. Estas nuevas estructuras fueron consideradas... "patológicas",... como una "galería de monstruos", emparentadas con la pintura cubista y la música atonal, que por aquella época transformaron las pautas establecidas en el gusto artístico. Los matemáticos creadores de esos monstruos les concedían importancia por cuanto mostraban que el mundo de la matemática pura tiene una riqueza de posibilidades que va mucho más allá de las estructuras sencillas que veían en la naturaleza. La matemática del siglo XX floreció en la creencia de que había trascendido completamente las limitaciones impuestas por sus orígenes naturales...*²⁸



*Fractal deriva del latín "fractus" que significa irregular, roto en pedazos o fragmentado. **Imagen izquierda:** fractal. **Imagen derecha:** Cartel para el concierto de "The Doors".*

La capacidad del flujo turbulento de un fluido y la alteración de un proceso mecánico generan movimientos complejos que registran el fenómeno aleatorio. Nadie sabe cómo es el azar, pero si consideramos que el universo está constituido de materia, radiación, espacio-tiempo y vacío, éste es el que se encuentra "entremedias". Ian Stewart cita al matemático Henri Poincaré para definir el azar, lo hace reproduciendo uno de sus ensayos titulado "Azar":

Una causa muy pequeña, que escapa a nuestro control, produce un efecto considerable que podemos ver y que decimos entonces que se debe al azar. Si pudiéramos conocer las leyes de la naturaleza y la situación del universo en un instante inicial,

²⁸ Mandelbrot, Benoît. *La geometría fractal de la naturaleza*. Tusquets. Barcelona, 2000, pág. 18.

I Investigación científica y prácticas artísticas entorno a la aleatoriedad

o2. Expansión del Caos

*deberíamos ser capaces de predecir exactamente la situación de ese mismo universo en un instante posterior. Pero, incluso cuando las leyes naturales no presentaran secretos para nosotros, sólo seríamos capaces de conocer la situación inicial aproximadamente.*²⁹

La aleatoriedad es un factor de primera importancia en el desarrollo de todo organismo vivo que nace, crece, se desarrolla y/o transforma en el instante de mayor complejidad del proceso, que es cuando éste se encuentra sujeto a influencias no controladas por el sistema, perturbando la regularidad de su funcionamiento de acuerdo a unas leyes.



*Timothy Leary, considerado como el gurú de la psicodelia, nos explica que los fractales podían simular los viajes por los mundos del LSD, permitiendo así que la cultura hippie abriera su mente. El nuevo arte es psicodélico, se aplica al dibujo, a la arquitectura y a la poesía.*³⁰

El lenguaje de los sistemas aleatorios está estructurado en fractales (las formas geométricas del caos). Un lenguaje y una geometría nueva para describir los patrones, las estructuras y el proceso de los sistemas aleatorios. En éstos, la propiedad más sorprendente no es la llamada autosemejanza en la que sus patrones se repiten en escala descendente de modo que sus partes son semejantes al conjunto, en un proceso abierto al cambio y a la estabilidad, sino aquella propiedad que determina que estos patrones constituyan estructuras determinadas para formas determinadas, en lo que parece ser un proceso de

²⁹ Stewart, Ian. *¿Juega Dios a los dados? La nueva matemática del caos*. Ed. Crítica. Barcelona, 2000, pág. 401.

³⁰ Leary, Timothy. *Flashbacks. Una autobiografía*. Alpha Decay. Barcelona, 2004. pág. 40

autocognición de sus elementos. La forma fractal es irregular, discontinua e incierta, tiene su propia estructura fractal. Las formas son infinitas, por lo que el número de estructuras fractales será también infinito. Estas formas aparecen como consecuencia de una dinámica caótica subyacente a los fluidos turbulentos, a la intervención de procesos mecánicos en las máquinas y por analogía cualitativa entre la forma y las sendas aleatorias.

Cuando cada uno de nosotros piensa en algo ordenado, en realidad está basándose en una idea previa a la situación planteada (que dependerá del entorno en el que nos hallemos inmersos: tiempo, lugar, etc.), y en una cantidad de supuestos que llevamos incorporados. A veces, estos presupuestos son tan fuertes que si alguien nos muestra que *nuestro orden* no es el único, o no es aparentemente correcto, nos negamos a aceptarlo o construimos una ley o una creencia que justifique nuestra postura. "*Si consideramos desordenado lo que escapa a nuestro intelecto, el concepto de orden aparece como directamente proporcional al de inteligibilidad. Cuanto más ignorantes seamos respecto a una determinada situación, más caótica o desordenada nos parecerá*".³¹ Como seres humanos necesitamos de una idea de orden, nuestro intelecto necesita de una estructura *creíble*, para construir sobre ella una realidad contenedora. ¿Cuál es el papel del azar en relación a esta idea de orden? ¿Qué rol desempeña en la construcción de esta realidad? Una situación nos parecerá azarosa o no de acuerdo a lo que estemos esperando de ella. Para Bergson³² nuestra idea de azar está vinculada a una *intención* (encontramos algo allí donde lo queremos encontrar). El azar es entonces "una intención puramente formal, vaciada de contenido". Y este contenido cobrará sentido sólo cuando esté en relación con el ser humano.

Analizando los conceptos de orden y azar nos dirigimos siempre en una misma dirección: ambos son relativos y adquieren sentido en función del observador. Orden, desorden y azar son, por lo tanto, *construcciones humanas*. Admitir esto puede resultar angustiante, porque implica una reafirmación de la incertidumbre que sentimos frente a lo que ocurre a nuestro alrededor. Significa aceptar que no existe un sujeto capaz de conocer y manipular todo. Pero al mismo tiempo sabemos que esta incertidumbre es necesaria, vital, porque funciona como el motor que desencadena la búsqueda constante de nuestro propio orden, de nuestro azar y de la construcción de nuestra identidad.

³¹ Roisman, Dina. *Una realidad al orden. Artículo publicado en el Mecad Electronic Journal.* <http://www.mecad.org/e-journal/archivo/numero4/art.htm>

³² Bergson, Henri. *L'évolution créatrice. Félix Alcan Editeur. París, 1907, págs. 252-253.*

I Investigación científica y prácticas artísticas entorno a la aleatoriedad

o2. Expansión del Caos

Un paso más allá del estudio de los factores aleatorios en la matemática lo encontramos en el caso concreto de la "constante omega de Chaitin", podemos ver como éste supera al grado de aleatoriedad al conjunto fractal de Mandelbrot y a todo el resto de conjuntos. En una visión superficial, alguien podría decir que la matemática acepta desde hace mucho tiempo el azar; al fin y al cabo, tenemos la teoría de probabilidades aceptada y perfectamente establecida. La teoría de la probabilidad actual parte de la axiomatización de Kolmogorov. Sin embargo, nada dice del origen del azar ni de la posibilidad de que tal azar sea desconocimiento por nuestra parte, existencia de variables ocultas o, que por el contrario, sea parte integrante de la estructura de las cosas. No es la teoría de la probabilidad una teoría del mundo, sino una teoría matemática que parte del mito del azar sin cuestionar en absoluto su naturaleza.



Gregory Chaitin, Alan Turing y David Hilbert.

El origen de este asunto está en la obra "Entscheidungsproblem" del matemático de origen ruso David Hilbert. Ya en los inicios del nuevo siglo XX, una de las cuestiones planteadas fue la siguiente: ¿Todo problema matemático tiene una solución algorítmica? ¿a todo problema especificable formalmente, se le podrá dar una solución mecánica en una cantidad finita de pasos? En definitiva, ¿hay un método definido que pueda aplicarse a cualquier sentencia matemática y que nos diga si esa sentencia es cierta o no?.

Y fue Alan Turing en 1936 quien consiguió dar la respuesta definitiva a la pregunta. No todo problema matemático tiene solución algorítmica. Para demostrarlo inventó la noción matemática de computadora de propósito general. Básicamente, Turing definió las bases de las computadoras modernas y planteó un problema sobre ellas, llegando a la conclusión de que no hay ningún algoritmo que lo resuelva. Es el problema de la detención ("Halting problem"); el problema de saber si un programa "se cuelga" en el ordenador. Turing demostró que el

problema de la detención es indecidible, es decir, demostró que había problemas que una máquina no podía resolver.

Es el matemático norteamericano de ascendencia argentina, Gregory Chaitin, quien pensó en este asunto en términos de azar. De la imposibilidad dada por el teorema de Turing de resolver el problema de la detención, pasamos a preguntarnos por la probabilidad de parada de un algoritmo. Cada algoritmo es en definitiva una lista finita de ceros y unos. Con unos programas bien constituidos, la máquina se detendrá convenientemente, y con otros se quedará colgada.

*Algunos números exhiben poca maldad, como los enteros. Los irracionales son bastante traviesos, y entre ellos, los trascendentes son los peores. Pues bien: la omega de Chaitin es el demonio en persona.*³³

“La omega de Chaitin” nos introducirá en el caos, nos hará volver a considerar el papel del azar en el centro mismo de la matemática. Una de las características más importantes de este número es que es algorítmicamente aleatorio. Supone que no puede comprimirse en un programa más breve que él mismo.

"No solamente no se puede calcular este número, sino que nunca se pueden saber cuáles son sus bits, porque esa información es matemáticamente incompresible... es incompresible e incompresible; las palabras son muy semejantes."

Un número irracional como π ³⁴, a pesar de tener infinitos decimales no periódicos, puede ser generado correctamente hasta el decimal enésimo por un programa de muy pocas líneas que, ejecutado en un ordenador, nos vaya escupiendo los sucesivos decimales. Por lo tanto es comprimible, y no es algorítmicamente aleatorio.

*Si bien se han producido excesos en la llamada teoría del caos como una panacea, parece ser cierto que los físicos aceptan que la indeterminación, el azar y el caos están hundidos en la estructura de la realidad.*³⁵

Chaitin definió un objeto es algorítmicamente aleatorio como aquel imposible de generar por un programa más corto que sí

³³ Así pues, debemos recordar una verdad que muchas veces se olvida: las computadoras se idearon para responder a una importante pregunta filosófica.

³⁴ Tenemos el número e, la constante de Euler, la de Feigenbaum y un puñado más de ellas.

³⁵ Dios es un ludópata. Jesús M. Landart Ercilla.

http://www.100cia.com/divulgacion/dios_es_un_ludopata_446.html

I Investigación científica y prácticas artísticas entorno a la aleatoriedad
o2. Expansión del Caos _____

mismo en la década de los 60 del siglo pasado, prácticamente a la vez que Kolmogorov. Demostró que todo número algorítmicamente aleatorio era normal (sus dígitos aparecían con igual frecuencia en el desarrollo decimal, y en cualquier base).³⁶

³⁶ http://www.cs.auckland.ac.nz/CDMTCS/chaitin/investigacion_y_ciencia.pdf

o23. Simulador de aleatoriedad

Si partimos de la idea analizada y apuntada anteriormente por Wagensberg, cuando se plantea la idea de Azar ontológico como algo inalcanzable, sublime y vacío, entenderemos por qué en las investigaciones informáticas, cuando se habla de factores aleatorios, lo hacen a través de los “números pseudo-aleatorios”, dando por sentada la ineficacia del Azar en estado absoluto, del Azar con mayúsculas. Aún así, la generación de “números pseudo-aleatorios” por parte de un programa de ordenador, lleva consigo algunas aparentes incoherencias, paradojas o puntos de difícil comprensión. El profesor de la Universidad de Psicología de Sevilla, Vicente Manzanoo Arrondo, nos introduce a esta problemática:

El problema principal reside en que el azar es, en términos elementales o individuales, imprevisible. Sólo se elaboran leyes que, de forma aproximada, permiten acercarse a los comportamientos aleatorios en términos generales. Así, utilizando el ejemplo más clásico, no sabemos si el lanzamiento de una moneda dará como resultado una u otra cara. Pero esperamos que, si la moneda tiene una masa uniformemente distribuida por todo el volumen y la forma es exactamente cilíndrica, el porcentaje de cualquiera de los dos resultados posibles se acercará al 50% conforme el número de lanzamientos se hace cada vez más grande.

¿Cómo reproducir un proceso imprevisible?. ¿Qué es un experimento realmente aleatorio? Supongamos que alguien extrae bolas de un bombo de lotería y lee los números resultantes. Se dice que el azar es sinónimo de ignorancia. Si se pudieran conocer y controlar las fuerzas que actúan en el movimiento del conjunto de bolas dentro del bombo, se podrían predecir los resultados. Pero la red de relaciones es tan

complicada que nadie, en su sano juicio, pretende abordar el problema con intenciones de éxito.³⁷

Pasa lo mismo que en el cuento de Michael Ende, presentado al principio de la tesis, cuando los personajes participan en el *juego de la arbitrariedad*. En él se planteaba que si se juega eternamente tendrán que surgir todos los poemas, todas las historias posibles, aniquilando de esta forma la idea de azar.

¿Cómo poner en marcha un procedimiento controlado por ordenador para producir un resultado incontrolado?.

¿Cómo creer en la aleatoriedad de un proceso que es determinístico “a priori”?.

Después de los problemas conceptuales apuntados, ocurre que la generación de números aleatorios por un ordenador es un hecho aceptado y útil, que permite poner en marcha técnicas y desarrollos imposibles desde otras perspectivas. La solución final que se adopta es: “un procedimiento generador de números aleatorios será bueno si, analizado el conjunto de números resultante, no es posible indicar a posteriori si tales cantidades fueron generadas por el ordenador o por un procedimiento genuinamente aleatorio”.

Esta equivalencia, entre el resultado generado por ordenador y por un procedimiento genuinamente aleatorio, puede llevar a que el producto de un procedimiento determinista pueda llegar a ser juzgado como más satisfactoriamente aleatorio que el producto de un procedimiento aleatorio puro, es decir, puede confundirse lo aleatorio y lo aparentemente aleatorio.

No se intenta imitar el procedimiento real, aleatorio de referencia, sino simular un comportamiento aleatorio en el ordenador de tal forma que la generación de resultados respete las probabilidades que se establecen a priori.

¿Son imprescindibles las «máquinas» para generar secuencias aleatorias de números? ¿No servimos las personas?.

Ya Reichenbach (1949) señaló que las personas somos generadores aleatorios imperfectos.

Así pues, debe recurrirse a un procedimiento “objetivo” de generación de números aleatorios.³⁸

Existen muchas variantes de métodos para generar números aleatorios por ordenador. Uno de los más conocidos es el método de “Monte Carlo”³⁹ que se utiliza para generar variables aleatorias y, con éstas, realizar cálculos, simular

³⁷ Manzano Arrondo, Vicente. *La generación aleatoria de números por ordenador (1995)*. <http://www.pdipas.us.es/v/manzano/textos/material/generacionaleatoria.pdf>

³⁸ *La generación aleatoria de números por ordenador. Op. Cit.*

³⁹ *Su nombre hace referencia a uno de los casinos más famosos del mundo.*

I Investigación científica y prácticas artísticas entorno a la aleatoriedad

o2. Expansión del Caos

comportamientos o resolver problemas. Este método se basa en la utilización de un procedimiento determinista que permite la generación de una variable aleatoria. No obstante, si bien era conocido desde hace tiempo, no comenzó su expansión hasta la difusión de los ordenadores.

Originalmente, el método de "Monte Carlo" se utilizó implementando en el ordenador tablas de números aleatorios generados mediante procedimientos aleatorios puros, como un bombo de lotería o una ruleta de casino. Pero este procedimiento es lento, ocupaba mucha memoria y arrastraba posibles fallos de forma indefinida. El método que realmente se sigue en la actualidad, en la utilización de "Monte Carlo", es la generación de números mediante algoritmos implementados en el ordenador. Ello permite ahorrar memoria, ganar en rapidez y reproducir las secuencias a voluntad, realizando todo tipo de pruebas de calidad con las secuencias generadas.

*Aunque es importante realizar simulaciones con material manipulativo, como moneda, dados o ruletas, con tablas de números aleatorios y calculadoras, es realmente el ordenador el que proporciona una mayor potencia de simulación, construcción de modelos y exploración de los mismos.*⁴⁰

⁴⁰ *La generación aleatoria de números por ordenador. Op. Cit.*

