

“Estética y semiosis de los fractales”

Caos Ordem; filosofia e Ciências. Lucía Santaella e Jorge Alburquerque Vieira (orgs.) Sao Paulo: Face. pp. 175-185.

1. Introducción

La voluntad de orden tanto perceptual como constructivo en el hombre obedece, según algunos autores (Worringer 1975 y Bianchi 1965 entre otros), fundamentalmente a dos principios: el geométrico y el orgánico. Cada uno de estos principios, tan antiguos como el hombre mismo, ha predominado en diversas culturas, desde el paleolítico y el neolítico, y ha definido tanto su concepción del mundo como su representación y comunicación. Hoy, sin embargo, esta dicotomía se esfuma con la aparición de una geometría orgánica que se desenvuelve desde el concepto de los fractales. El fractal entendido desde la semiótica es, más que un signo, una cartografía para la significación, una puesta en mapa de relaciones de sentido de distinta índole.¹ En los fractales, el concepto peirceano de "semiosis ilimitada" adquiere visibilidad y un carácter casi plástico. Exploraremos en este trabajo las posibilidades iniciales que puede ofrecer esta cartografía de fractales como metáfora de análisis en la semiosis.

La estética de la fractalidad no se reduce a la belleza formal de los fractales, sentido utilizado por Peitgen y Richter (1986) refiriéndose a la armonía compositiva de objetos fractales obtenidos por computadora. Por estética de la fractalidad entenderemos aquí un sentido más amplio, a saber, un nuevo orden de visibilidad y de sensibilidad. En otras

¹N

Entendemos a la cartografía para la significación en el sentido de "metaphorical mapping" propuesto por Lakoff & Johnson (1980).

palabras, indagaremos en la nueva manera de percibir lo real que se abre hacia modelos fractales en diversas manifestaciones cotidianas como el espacio y el tiempo, el ritual y el arte.

2. La teoría de los fractales y el espacio

Como lo describe claramente Katherine Hayles, la imagen del mundo en el siglo XVII era la de un mecanismo de relojería; en el siglo XIX se veía como una entidad orgánica. En el nuestro, se lo ve como un flujo turbulento (Hayles 1991,185). En términos de Foucault, pasamos del orden de las semejanzas al de las taxonomías y, posteriormente, a las funciones; no tuvo tiempo de constatar mientras escribía *Las Palabras y las Cosas*, que ya estábamos en el proceso de los flujos y los fractales. El caos, anteriormente asociado a lo monstruoso, se ha vuelto repentinamente bello. Así como la economía ya no se fundamenta en la propiedad de la tierra y la acumulación de la riqueza, sino en las fluctuaciones de la bolsa, nuestra visión del clima responde menos a la vieja división de las cuatro estaciones que a las imágenes satelitales de los flujos meteorológicos. Igualmente el mundo no está compuesto de los cuatro elementos (agua, aire, tierra y fuego) irreductibles de la filosofía de Empédocles sino de un sinúmero de micropartículas fluctuantes diferenciadas a niveles subatómicos.

Uno de los autores de esta nueva versión del mundo es Benoit Mandelbrot, inventor de la geometría fractal. Mandelbrot acuñó la palabra fractal del latín *fractus* que significa quebrado. El nombre de fractal, por tanto, viene de la idea de una dimensión fraccionaria. La geometría Euclideana trata de enteros en un espacio cartesiano, que excluye todas aquellas formas naturales, orgánicas e irregulares. En realidad, muy poco del mundo puede caber en esta imagen del espacio y de la forma tan pura. Los planetas que se mueven en forma regular pueden ser descritos por la geometría Euclideana, pero no así los asteroides que tienen órbitas de dimensiones fraccionarias.

Mientras en la geometría euclídeana la simetría depende de la forma, en la fractal depende de la escala. No es casual que precisamente en nuestro siglo tengamos una conciencia aguda de la diferencia de escala, ya que hemos sido capaces de explorar la estructura de micropartículas menores a las atómicas, al mismo tiempo que la de sistemas estelares galácticos remotos. Al contrario de Euclides que buscaba las características de la unidad individual y las reglas de las identidades, en la geometría fractal lo que cuenta no son identidades sino regularidades; tampoco se resaltan las unidades sino las simetrías y correspondencias desde la micro a la macroescala.

La imagen del conocimiento actual ya no persigue una representación exacta sino una aproximación al fenómeno analizado; no se plantea tanto en términos de predicción de regularidades precisas sino de la probabilidad estadística de irregularidades, no de causalidad estricta sino de márgenes de azar.

Los fractales consisten en repetir la fracción de una estructura, forma o número, incorporándola a la forma original, a la que a su vez se añade una fracción de la forma resultante a ésta y así repetidamente. Para comprender cómo generó Mandelbrot los fractales, examinemos la curva de Koch: ésta consiste en partir de un triángulo equilátero y repetir una fracción de este mismo triángulo: en este caso la tercera parte. Así tenemos al triángulo original, al que añadimos un triángulo en cada lado cuyas dimensiones son un tercio del original, y así sucesivamente. El resultado final de este proceso que partió de esta figura simple y estrictamente euclídeana se acerca cada vez más a una figura orgánica y azarosa como la de una costa. Sin embargo, como en este caso se trata de un proceso totalmente determinista y simétrico, no se asemeja suficientemente a lo que ocurre en la naturaleza, puesto que aquí juega un papel muy importante el azar. En la naturaleza, más que causalidad, opera la casualidad.

En relación a ésto, la pregunta que se hizo Mandelbrot fue ¿cuánto mide la línea costera de la Gran Bretaña? pregunta nada ingenua pues desde el experimento de Michelson y Morley que desembocó en el concepto de contracción de Lorentz hasta la teoría de la relatividad, el medir es todo menos un acto mecánico y sencillo. Mandelbrot descubrió que entre más fina era la unidad de medida, la longitud era mayor pues captaba más detalle. Medir con un plano satelital o aéreo, con un cinta métrica o un hilo, o con unidades microscópicas es ir de decenas de kilómetros que enmarcan la costa a la curvatura misma de las rocas hasta la textura de los guijarros, el polvo o las moléculas. Planteado de este modo volvía la línea costera prácticamente infinita pues cualquier objeto material que contenga escalas cada vez más pequeñas tiene una longitud infinita. Definir la medida de un objeto real implica ignorar detalles y medir fuera de foco, una solución práctica pero insuficiente matemáticamente. Estas mediciones implicaban ya no consideraciones puramente cuantitativas como la medición lineal, sino cualitativa basada en escalas y la dimensión fractal. Cuánto mide un carrete de hilo? El carrete es tridimensional, pero el hilo es una línea que se curva: es unidimensional; acercándonos lo vemos como un grueso tubo tridimensional, más cerca aún vemos que está formado de hilachas, digamos tres, que se trenzan para formarlo; otra vez estamos en la unidimensionalidad y así sucesivamente vamos de una a tres dimensiones. Como en la física relativista donde el tiempo y el espacio dependen del observador, y en el principio de incertidumbre de Heisenberg en la física cuántica en que la condición partícula-materia así como el lugar ocupado por un electrón en un momento dado es cuestión del observador y de la probabilística, en la geometría fractal la dimensión depende del medidor.

Los fractales tienen que ver con detalles infinitos, longitud infinita y autosimilitud, y se pueden generar por iteración o repetición. Lo que Mandelbrot hizo para generar fractales que, más allá de los de la curva de Koch, se acercara, más a la naturaleza, fue inyectarles

azar. Se creía que las formas complejas vienen de procesos complejos. Por lo contrario, Mandelbrot demostró que las formas complejas pueden generarse por procesos simplísimos, como puede ser el repetir la fórmula Z cuadrada $+C= Z'$ que a su vez, al cuadrado $+C= Z''$, a su vez al cuadrado más C y así hasta el infinito donde Z está entre 0 y 1, es decir, una fracción. Este proceso de iteración de una fórmula simple traducido a imágenes por instrucciones en la computadora, generó el más complejo objeto de la matemática.

"Se pueden obtener formas fractales de gran complejidad con solo repetir una simple transformación geométrica, y pequeños cambios en los parámetros de esa transformación provocan cambios globales. Esto sugiere que una pequeña cantidad de información genética puede generar formas complejas, y que pequeños cambios genéticos pueden conducir a cambios sustanciales en la forma." Mandelbrot (1983). Las implicaciones que la geometría fractal de Mandelbrot ha tenido en diversas disciplinas como la física, la sismología, la ingeniería, la biología y la fisiología, entre otras, han sido enormes. Las líneas costeras, los árboles, las montañas, las galaxias, las nubes y los polímeros, el cerebro y los pulmones, emergen desde esta perspectiva con una morfología fractal. Un código relativamente simple parece regir el desarrollo de semejanzas morfológicas a través de diversas escalas en un sin número de fenómenos disímiles a través de una combinación de iteración y azar. La fracción ya no es sólo un entero incompleto sino un nuevo orden de visibilidad. Desde Euclides, habíamos concebido al orden desde figuras derivadas del círculo, el triángulo y los paralelogramos. Un punto en movimiento genera una línea que al desplazarse genera un plano, y éste desplazado genera un volumen. En este preciso punto, la imaginación llega a su límite, pues no podemos concebir la figura generada por el desplazamiento de un volumen. Pero tampoco habíamos podido discernir el sentido opuesto de esta zona perceptiva, es decir, lo que estaba antes del punto como unidad entera: la fracción y su desarrollo descendente en diversas escalas. Del mismo modo, no habíamos considerado el

incremento de longitud en una medición con el aumento de escala en fracciones cada vez más pequeñas al incluir mayor grado de detalle.

3. Fractalidad en el espacio arquitectónico y urbano

Cuando nos enseñan que la materia está fragmentada en moléculas, éstas en átomos, y los átomos en partículas, nuestra comprensión sólo se desplaza hacia unidades imaginarias cada vez más pequeñas desde el mismo concepto de enteros. Hemos llegado hasta el leptón y el quark siguiendo con esta lógica de unidades cada vez más pequeñas, pero siempre enteras. Los desplazamientos euclidianos son modulares puesto que el mismo elemento se agrega sin cambio de escala, como un círculo que, girando sobre su diámetro, genera una esfera, o los prismas donde un plano se desplaza modularmente repitiéndose hasta un punto arbitrario. Se trata de una geometría de enteros.

En las pirámides, en cambio, vistas no como un cuerpo euclideo cortado de un prisma sino como desplazamiento fractal de un plano, es decir, la iteración del mismo plano con variaciones mínimas de escala, ésta aumenta sucesivamente desde el vértice insinuando que se continúa hasta el infinito, o que surge desde las entrañas de la tierra ocultándose a la mirada del hombre. Esta puede ser una de las razones por las cuales la arquitectura religiosa entre sociedades teocráticas como los mayas, teotihuacanos y egipcios, haya preferido la forma de la pirámide (además de razones técnicas) ya que sintetiza, como cartografía metafórica, la relación entre lo infinitamente pequeño y lo infinitamente grande. Asimismo, no es casual que la bóveda, como fractal de la capa celeste, corone la arquitectura eclesiástica. En la pirámide, como en la bóveda, la escala va disminuyendo alternadamente hasta llegar a un punto de concentración y foco con mayor fuerza semiósica, estética y cinestésica que es donde lo telúrico llega a sus límites y se toca con lo celeste.

Un caso particularmente interesante es la pirámide cuadrada de los Nichos en Tajín (26x26x20 m.), que parece sugerir la misma estructura pero invertida y a menor escala en

los nichos cuadrados como si fueran negativos de la pirámide, es decir, una especie de incrustación a menor escala de ésta como vacío.

Por lo contrario, la arquitectura modular contemporánea insiste en verse reflejada en prismas ortogonales opacos o especulares hasta el extremo de las viviendas de supuesto interés social. Se construyen ciudades desde la lógica del módulo hasta escalas monstruosas como la Ciudad de México, Nueva York y Sao Paulo; grandes conjuntos arquitectónicos que reiteran la modularidad y constituyen al hombre como piezas homogéneas del juego de *lego*, adheribles y acumulables. La escala humana en la megalópolis contemporánea se pierde en dos sentidos: en el vertical por la suma de módulos en decenas de niveles superpuestos, y en el horizontal por el diseño urbano ortogonal al estilo del barón de Hausmann que sitúa al hombre como punto referencia abstracta en un plano cartesiano.

Mientras que en la semiosis modular el todo es igual a la suma de sus partes, en la semiosis fractal se comprueba el principio de Smut donde "el todo no es igual a la suma de sus partes, ya que existe un principio de identidad entre el todo y cada una de sus partes."

4. El individuo y lo social desde dos órdenes: el modular y el fractal

Concebir al orden del universo desde una lógica de los fractales resulta aterrador. Bastaría sólo con imaginarnos que el universo tal como lo conocemos bien podría ser sólo un leptón de otro sistema atómico con todo el rango de escalas, y así infinitamente. Para protegernos del vértigo de la imaginación fractal, la mejor defensa es el orden modular. A diferencia de los fractales, el módulo es perfectamente manejable, controlable y predecible. Reproduce la ilusión antropocéntrica de un orden que gira a la escala del hombre a través de la acumulación de unidades similares. El comportamiento de cada módulo no tiene más que imitar al resto de los módulos y el todo parece claramente inteligible por una operación aditiva.. Sin embargo, aunque el orden modular mantiene la escala constante y única al cambiar sólo de extensión, lleva consigo no sólo el riesgo cinestésico de perder el sentido y la dirección, sino la concepción simbólica misma del sentido. Se percibe sólo lo inmediato,

y lo lejano se deduce por yuxtaposición calculada. En el módulo, todo se vuelve lo que Levinas (1991) denominó como lo Mismo, la totalidad abstracta, la falta de sentido.

En el orden modular hay un "lado a lado" o un adelante y atrás, como en el *lego*, no un frente a frente o un "yo-tú" en el sentido de Martin Buber (1958). Hay una aglomeración, no una comunión. El sentido de alteridad se pierde porque el otro no es más que una replica de lo mismo.

La identidad del hombre en un juego de fractalidades implica, por lo contrario, ver en mí al hijo y al padre, a la nieta y a la abuela. Levinas (1993: 52) escribe que, más que tener un hijo, somos en cierto forma nuestro hijo. Se abre el abanico de la metonimia para existir a otra escala, como en los árboles genealógicos, que nos hacen sentir algo de la presencia de nuestros antepasados en nosotros y de la nuestra en futuras generaciones. El ser se rebasa a sí mismo porque está preñado de un código de fractales desde el que surge y que será, a su vez, capaz de transmitir. Algún elemento, de manera azarosa, será aquél que se repita y reaparezca entre un despliegue de diferencias a varias escalas generacionales.

Concebir al hombre desde una semiosis de la fractalidad o de la modularidad implica muy diversas consecuencias. El ser humano como módulo es dispensable, desechable, sustituible. Es un remache más en un sistema mecánico. Las diferenciaciones se producen desde un orden cuantitativo. La contribución que el industrial norteamericano Henry Ford aportó a la economía a través de la producción ensamblada y especializada de automóviles suponía una semiosis modular. No sólo el producto se concibió como ensamblaje de módulos sino la producción y, sobre todo, al productor mismo. Paradójicamente, la llamada producción a gran escala anuló el sentido de escala en la producción.

A nivel individual, la regularidad modular en la fisiología suele ser síntoma de estados patológicos, como el mal de Parkinson, el recuento de glóbulos blancos en pacientes con leucemia, la taquicardia y la epilepsia. Esta excesiva regularidad, índice de rigidez, carece de la flexibilidad necesaria para responder a las exigencias impredecibles y

cambiantes propias de la naturaleza. Asimismo puede deducirse que la imposición de una regularidad excesiva en la vida laboral y escolar del individuo genera estados de ansiedad, tensión y depresión abundantemente comprobadas por la psicología social.

La revolución francesa y el Contrato Social subvierten la lógica aristocrática de escalas sociales por la tradicional correspondencia de la propiedad de tierra en proporción a la jerarquía, y se impone un nuevo orden modular por la suma de votos individuales e iguales. Se trata de un contrato entre módulos equivalentes que constituyen la soberanía, concepto que se mantiene hasta la actual sociedad de masas. Poco después, esta lógica continúa con el espectacular triunfo de la revolución industrial que se desarrolló desde la visión modular del *deus ex machina* como una yuxtaposición de las mónadas en Leibniz. Puede decirse que la modernidad se funda en la semiosis modular. Esta correspondencia es perfectamente transparente, pues la razón misma opera en la manipulación de módulos como su ámbito natural. Desde ahí quizás pudiera concebirse en parte cómo fue posible definir a grupos humanos como los gitanos, los judíos, los social demócratas, los enanos, los gemelos, los viejos, los comunistas y los homosexuales como módulos dispensables en su totalidad con el afán de lograr una modularidad perfectamente homogénea en el género humano que se hubiese consolidado con el exterminio de los indígenas, árabes y todos los grupos asiáticos y africanos.

No se trata hoy de volver a estructuras aristocráticas para recobrar un sentido de escala, sino de comprender que, desde la semiosis fractal, el ser humano se manifiesta como insustituible y singular independientemente de la escala social, a la vez que dependiente y similar en la relación de escalas, como en el orden de las generaciones. En la búsqueda de universalidad, la filosofía occidental no ha hecho más que proyectar e hipostasiar en abstracto sus propias cualidades como formas euclidianas lisas y perfectas decretándolas universales. Por lo contrario, al partir de una concepción fractal, impele hacia una mayor concreción al testificar la iteración de elementos básicos a través de las diversas escalas y grupos sociales en el tiempo y en el espacio.

4. La fractalidad del tiempo

El sentido del tiempo se despliega tanto en una concepción modular como fractal. Por una parte, el siglo dividido en décadas, lustros, años, meses, semanas, días, horas etc. nos sitúa en una semiosis modular del tiempo cuyas unidades se yuxtaponen cuantitativamente. En cambio, en el tiempo simbólico un período, por ejemplo el de Semana Santa o el Carnaval, pierde su dimensión modular y se convierte en un índice de fractales que, como una piedra lanzada a un estanque apacible, genera resonancias y turbulencias a diversas escalas. El tiempo de carnaval se extiende en sus resonancias desde su expectación a su narración posterior fuera de los límites temporales estrictamente asignados. Cuanto más próximo se está del centro y núcleo del evento, tanto más intensas las resonancias. La Semana Santa es puesta en perspectiva y preparación desde el miércoles de ceniza y el periodo de vigilia. En el judaísmo, el año nuevo indica el inicio de los 10 días de reflexión y arrepentimiento que culmina con el ayuno de Yom Kippur, el día más grave y sagrado del año para la tradición judaica. El Ramadan musulmán es igualmente el período anual de mayor tónica que concentra la vitalidad del sentimiento religioso. Para los aztecas, la terminación del ciclo de 52 años tenía más carga simbólica aún, pues no estaba en juego solamente el don de vida para el individuo o la comunidad sino la sobrevivencia del mundo. El sentido de esas fechas sagradas es el de concentrar y marcar un campo de sentido que magnetice y transforme la modularidad del tiempo. Así se establece un orden de escalas en el tiempo que, en la iteración del rito por varias generaciones, se recupera para el hombre su sentido de integración a la sucesión de generaciones, a los orígenes del sentido y a los núcleos del valor.

5. La fractalidad en el arte

Se ha pensado que el arte o, en nuestro caso, el signo, es uno de esos elementos universales; sin embargo, éste ya implica un concepto complejo y un epifenómeno que posiblemente esconde elementos mucho más primordiales. El arte ha sido una de las más elocuentes muestras de nuestra concepción y memoria fractal. Representar con una leve protuberancia en la roca de una cueva el volumen del lomo de un bisonte, su masividad, es reconocer un orden de resonancias y semejanzas a diversas escalas. El arte rupestre pudiese ser uno de los más antiguos testimonios que existen de la intuición humana sobre un orden fractal. El rito mágico de la caza en sí mismo simboliza una concepción fractal, ya no del espacio, sino del gesto y del acto. El ritual viene a ser así un fractal a menor escala del acto real de la caza. Por ello el pensamiento mágico bien puede verse como una apuesta y una puesta en juego de las fractalidades.

La música clásica, como arte que se desarrolla en el tiempo, despliega en el ritmo una semiosis modular mientras que la melodía se itera en diversas escalas cromáticas y cambios de modalidades mayor y menor. En la pintura de Van Gogh podemos reconocer la resonancia fractal entre un ciprés y una sola pincelada, y la obra de Van Gogh en su conjunto como una intensa pincelada en el cuadro de toda la historia del arte.

"Las Meninas" de Velázquez puede verse como un juego de fractales donde las figuras de los reyes se sugieren a tres escalas de mayor a menor: los reyes supuestamente pintados en el lienzo oculto frente a Velázquez a escala mayor que la natural, los reyes posando virtualmente fuera del cuadro a escala natural y los reyes reflejados en el espejo a escala menor que el natural. En los tres casos hay un cambio de escala y una iteración de la pose estática de Felipe y Mariana. En el cine, Calabrese (1989: 143) encuentra un segmento de cinco minutos en la película Star Trek II completamente producido por una computadora con ecuaciones fractales donde se representa al bombardeo de un planeta. Seguramente algunos estudiosos del cine habrán de encontrar iteraciones a diversas escalas como las autocitas de Spielberg y sus iteraciones de escenas a diversas escalas del tiempo en la ficción cinematográfica como las de "Regreso al futuro". El fotógrafo norteamericano

Duane Michals (Bailey 1975) muestra un juego de escalas reconocibles por la iteración de sus elementos por un artificio que simula el *blow-up*.

Varios autores (Hayles 1991) han encontrado en la literatura, particularmente en el cuento ultracorto de Borges, afinidades con la teoría del caos. Floyd Merrell (1991: 200-201) compara la curva de Koch ² con la descripción de "La biblioteca de Babel" de Borges como una suma de hexágonos que finalmente constituye una esfera. En "El Jardín de los senderos que se bifurcan" encontramos que el mismo nombre Albert indica una destrucción a dos escalas: la un individuo que tuvo la mala fortuna de llamarse así y la de una ciudad con la mala fortuna de ser la locación de un parque de artillería inglesa. Hay una iteración de la imagen del laberinto, de la moneda, de la espera, del tigre, como si cada una trascendiera la escala de un cuento para aparecer en otro de manera menos fortuita que la presencia de Hitchcock en sus películas. El Quijote de Menard, iterado en otra escala del tiempo, es otra ocurrencia dentro de una cartografía de orden fractal. Podríamos incluso interpretar que, de la misma manera como "El Proceso" de Kafka es una iteración a escala literaria del juicio de Dreyfus en la escala de lo social,, "El Milagro Secreto" de Borges es una iteración de la novela kafkiana en el cuento cambiando la escala de género, a la vez que la escala del tiempo. En otras palabras, el cuento de Borges puede interpretarse como una versión de posguerra de *El Proceso* iterándose en los tres casos la cuestión judía.. El cuento culmina, a su vez, cuando un año completo se comprime en la exactitud de dos minutos, es decir, un mismo tiempo que transcurre en dos escalas distintas.. Borges maneja el sueño dentro del sueño y la escritura dentro de la escritura a varias escalas, como en su alusión de que "Las ruinas circulares" es una de las narraciones de "El jardín de los senderos que se

² **La curva de Koch está hecha en base a repeticiones de un triángulo equilátero al que se le añade el mismo triángulo invertido generando una figura de 6 vértices como la estrella de David, que a su vez sigue la misma operación en cada segmento triangular generando 18 vértices y así sucesivamente hasta llegar a un figura semejante al cristal de un copo de nieve.**

bifurcan" y que lo extrajo de "The rose of yesterday", que es parte (la tercera) de los ocho relatos del libro "Statements" escrito por el personaje de "Examen de la obra de Herbert Quain" que es otro cuento de *Ficciones* de Borges. Por último, otro caso de fractalidad borgesiana aparece en su cuento mínimo. "Del rigor en la ciencia" donde plantea que, como en todo mapa, hay una iteración de las medidas de lo que representa, pero invierte el sentido al mantener una escala de 1:1.

6. La fractalidad en el lenguaje

El lenguaje ha sido analizado desde un plano bidimensional, el código, en el cual se establecen diferencias y oposiciones por contigüidad lineal *in presentia* de las cadenas sintagmáticas e *in absentia* en el plano bidimensional paradigmático (Saussure 1967: 172-177 y BARTHES 1971:59-75). Sin embargo, visto con mayor detalle y desde tres dimensiones, el lenguaje mostraría que más allá del plano modelado sobre ejes cartesianos, hay ciertas unidades que despliegan mayor densidad que otras. En una sílaba hay un sonido que lleva la tónica, como en una palabra hay una sílaba tónica, como en una frase hay una palabra de mayor énfasis, y en un párrafo una oración que concentra más el sentido. A mayor escala aún, es posible encontrar en un discurso lugares de mayor fuerza ilocutiva y, en la cultura misma, discursos con mayor intensidad simbólica que otros (Mandoki 1996).

. Podríamos decir que la Biblia ha sido el discurso de mayor tonicidad simbólica para el mundo occidental. De los cinco libros del Pentateuco, es el Génesis el que mayor concentra la atención de los exégetas del Talmud y la Cábala. En el Génesis, la frase "Héme aquí" es una implosión de sentidos que se extienden a modo de fractales a lo largo de todo el Viejo Testamento. La primer palabra, *Bereshit* "en el principio" con que se inicia la Biblia ha generado una enorme cantidad de interpretaciones talmúdicas y cabalísticas, palabra que en sí misma parece constituir un orden fractal, ya que incluye otras

palabras como *rosh* cabeza y jefe, *barah* creó, *esh* fuego, *shit* seis, *eshet* mujer de, y por intercambio de letras, *ish* hombre, *bar* hijo, *bat* hija, *bait* casa, *brit* pacto, *rab* maestro. Seis letras que significan "creó seis" con doce significados, tautología que en sus partes o fracciones se despliega infinitamente el sentido exegético. Los símbolos y la lectura talmúdica desencadenan una semiosis fractal donde se reconocen similitudes en diversas escalas en el momento en que dejamos de hacer una lectura literal y lineal de elementos enteros.

Así como un recorrido fractal, por ejemplo el de una costa en un mapa, cambia de dimensión al cambiar la escala de medición (se mueve entre una y dos dimensiones) el lenguaje examinado según escalas de resonancias desenvuelve la unidimensionalidad del sintagma y la bidimensionalidad del paradigma. El lenguaje sagrado, como el espacio sagrado, nunca dejó de distinguir dimensiones que rebasan al plano y al volumen aparentes. La iteración de ciertas frases en las plegarias, de los mismos rezos cada año, parecen recursos de amarre en donde el tiempo se despliega a la eternidad a la vez que protege la escala infinitamente pequeña del lapso de vida del individuo. La razón termina por reconocer, con enorme retraso, los logros de la intuición.

7. La fractalidad del acto y lo sagrado

El hombre creado a imagen y semejanza de Dios, pero a otra escala, inaugura el orden de los fractales en la creación: el hombre como fractal de Dios. Según el Génesis, la creación del mundo culmina con la creación del hombre que no es una criatura más sino la única a imagen y semejanza del creador. El Génesis parece indicar una relación de fractales simultáneamente de mayor a menor escala espacial: de los cielos y la tierra al hombre y la mujer, a la vez que de menor a mayor escala espiritual, de lo material a lo espiritual que proyecta al hombre y a la mujer como la cúspide de la creación. Los días de la creación se suceden a cada vez mayor detalle con el elemento iterativo de "Y fue la tarde y la mañana del día..." para culminar en el séptimo, de un orden diferente.

No sólo las palabras sino los actos ligados a lo sagrado pueden interpretarse también desde una lógica de fractales. El fetiche lleno de alfileres de la magia negra es un fractal y un índice del individuo al que se dirige la brujería. El rito azteca del sacrificio humano responde asimismo a este orden. El dios Huitzilopochtli es un guerrero a una escala cósmica: es el sol en perpetua lucha contra la oscuridad. La necesidad de alimentarlo con el corazón humano responde a una lógica de los fractales en la que así como el hombre arranca del seno de la tierra el maíz para alimentarse, el sacerdote azteca arranca del seno del hombre su corazón para alimentar al dios. El símbolo funciona desde una semiosis del índice y del fractal. El sacrificio de Isaac puede interpretarse desde esta lógica si consideramos que a Abraham se le ordena sacrificarse a sí mismo en su hijo que es un fractal a mayor escala que el propio Abraham, puesto que tiene la semilla del futuro que éste ya agotó en su descendencia inmediata. Si el hombre mismo es un fractal del Dios, el acercamiento a El tiene que ser en la trascendencia, en elevar la escala, y de ahí la exigencia del sacrificio a una escala mayor en Isaac.

Dios convertido en hombre en la figura de Jesús es otra puesta en juego de fractalidades. Dios disminuye su escala al convertirse en hombre al mismo tiempo que incrementa, por su sola aparición, la escala del hombre al liberarlo de sus pecados. En la hostia y el vino de la misa vemos de nuevo la semiosis de la fractalidad: la misa como acto es un fractal de la última cena de Pascua efectuada por Jesús con los Apóstoles; la hostia, simbólica del pan ázimo, es fractal del cuerpo de Cristo y el vino es fractal de su sangre por relación indicial y simbólica a través de la consagración.

De la concepción fractal del acto puede desprenderse una ética basada en la singularidad de cada individuo y su participación en el todo social como individualidad a otra escala. De ahí que sea imprescindible reconocer que cada acto individual tiene consecuencias sobre la totalidad social. Dañar a otro, como el efecto mariposa, es ocasionar daños a mucho mayor escala que la inmediatamente perceptible. Una sensibilidad hacia la semiosis fractal reconocería semejanzas y resonancias a diversas escalas desde una

perspectiva donde la acción del individuo se encadena a la acción social como un elemento semejante a otra escala. Desde una concepción fractal del acto, el ser humano emerge con una responsabilidad ética a mucho mayor escala, a la vez que perfectamente situada y concreta.

Como el campo diversificado de los procesos de semiosis, la teoría de los fractales tiene la formidable cualidad de servir como modelo transdisciplinario. Esta amalgama de conceptos ofrece la posibilidad de explorar una gran multiplicidad de fenómenos desde el potencial teórico que se abre en esta dirección. Valga esta reflexión como un paso inicial.

Referencias Bibliográficas

BAILEY, Ronald H. (1975). *The Photographic Illusion: Duane Michals*. Los Angeles: Alskog & Crowel. .

BARNESLEY, Michael Fielding (1988). *Fractals Everywhere*. Boston : Academic.

BARTHES, Roland (1971). *Elementos de semiología*. Traducido por Alberto Mendez. Madrid:Corazón.

BATTY, Michael y LONGLEY, Paul (1994). *Fractal cities: a geometry of form and function*. Academic; London .

BIANCHI BADINELLI, Ranuccio (1965). *Organicidad y abstracción*. Buenos Aires:Eudeba.

BORGES, Jorge Luis (1956). *Ficciones*. Buenos Aires: Emecé.

BRIGGS, John (1992). *Fractals : the patterns of chaos : a new aesthetic of art, science, and nature*. New York: Simon & Schuster.

BUBER, Martin (1958). *I and Thou*. Translated by Roland Gregor Smith. New York: Scribner. .

CALABRESE, Omar (1989). *La era neobarroca*. Traducido por Anna Giordano. Madrid: Cátedra.

FAN, Liang-Tseng, YASHIMA, Mutsuo, & NEOGI, Debashis (1991). *Elementary introduction to spatial and temporal fractals*. Berlin : Springer.

GLEICK, James (1987). *Chaos; Making a New Science*. New York: Penguin.

HAYLES, Katherine (ed.) (1991). *Chaos and Order. Complex Dynamics in Literature and Science*. Chicago: University of Chicago Press.

HECK, A. (1991). *Applying Fractals in Astronomy*. :Springer; Berlin; .

LAKOFF, George y JOHNSON, Mark (1980). *Metaphors We Live By*. Chicago: University of Chicago Press.

LEVINAS, Emanuel (1991). *Totality and Infinity*. Dordrecht: Kluwer.

_____ (1993). *The Levinas Reader*. Seán Hand (ed.) Oxford: Blackwell.

MANDELBROT, Benoit, B. (1983) *The Fractal Geometry of Nature*. Nueva York. Freeman. .

MANDOKI, Katya.(1996). "Aesthetics and Pragmatics: conversion, constitution and qualities of illocutionary force", ponencia presentada en *5th International Pragmatics Conference*. Mexico, Julio 4-9, International Pragmatics Association. México.

MCGUIRE, Michael (1991). *An eye for fractals*. California: Addison-Wesley.

MERRELL, Floyd (1991). *Unthinking Thinking: Jorge Luis Borges, Mathematics and the New Physics*. Indiana: Purdue.

OROPEZA LOPEZ, Ana Maria (1991) *Análisis de la dimensión fractal de los sismogramas del Valle de Mexico*. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias.

PEITGEN, Heinz-Otto y RICHTER, Peter H. (1986). *The beauty of fractals : images of complex dynamical systems*. Berlin: Springer.

REYES MENDEZ, Jorge Joel (1996). "La teoría del caos y los fractales en la fisiología humana y la evolución celular", *Reencuentro* 16:44-52.

SAUSSURE, Ferdinand (1967). *Curso de Lingüística General*. Traducido por Mauro Armiño. Buenos Aires: Losada. .

WORRINGER, Wilhelm (1975). *Abstracción y naturaleza*. Traducido por Mariana Frenk. México: Fondo de Cultura Económica.

INTERDISCIPLINARY HUMANTIES

There are certain fields of knowledge that are particularly fertile of interdisciplinary approach

A modern mathematical theory that radically departs from traditional EUCLIDEAN GEOMETRY, fractal geometry describes objects that are self-similar, or scale symmetric. This means that when such objects are magnified, their parts are seen to bear an exact resemblance to the whole, the likeness continuing with the parts of the parts and so on to infinity. Fractals, as these shapes are called, also must be devoid of translational symmetry--that is, the smoothness associated with Euclidean lines, planes, and spheres. Instead a rough, jagged quality is maintained at every scale at which an object can be examined. The nature of fractals is reflected in the word itself, coined by mathematician Benoit B. Mandelbrot from the Latin verb *frangere*, "to break," and the related adjective *fractus*, "irregular and fragmented."

The simplest fractal is the Cantor bar (named after the 19th-century German mathematician Georg CANTOR). One may be constructed by dividing a line in 3 parts and removing the middle part. The procedure is repeated indefinitely, first on the 2 remaining parts, then on on 4 parts produced by that operation, and so on, until the object has an infinitely large number of parts each of which is infinitely small.

Fractals are not relegated exclusively to the realm of mathematics. If the definition is broadened a bit, such objects can be found virtually everywhere in the natural world. The difference is that "natural" fractals are randomly, statistically, or stochastically rather than exactly scale symmetric. The rough shape revealed at one length scale bears only an approximate resemblance to that at another, but the length scale being used is not apparent just by looking at the shape. Moreover, there are both upper and lower limits to the size range over which the fractals in nature are indeed fractal. Above and below that range, the shapes are either rough (but not self-similar) or smooth--in other words, conventionally Euclidean.

Whether natural or mathematical, all fractals have particular fractal dimensions. These are not the same as the familiar Euclidean dimensions, measured in discrete whole integers--1, 2, or 3--but a different kind of quantity. Usually noninteger, a fractal dimension indicates the extent to which the fractal object fills the Euclidean dimension in which it is embedded. A natural fractal of fractal dimension 2.8, for example, would be a sponge-like shape nearly 3-dimensional in appearance. A natural fractal of fractal dimension 2.2 would be a much smoother object that just misses being flat.

Background

The roots of fractal geometry can be traced to the late 19th century, when mathematicians started to challenge Euclid's principles (see GEOMETRY). Fractional dimensions were not discussed until 1919, however, when the German mathematician Felix Hausdorff put forward the idea in connection with the small-scale structure of mathematical shapes. As completed by the Russian mathematician A. S. Besicovitch, Hausdorff's dimensionality was a forerunner of fractal dimensionality. Other mathematicians of the time, however, considered such strange shapes as "pathologies" that had no significance.

This attitude persisted until the mid-20th century and the work of Mandelbrot, a Polish-born French mathematician who moved to the United States in 1958. His 1961 study of similarities in large- and small-scale fluctuations of the stock market was followed by work on phenomena involving nonstandard scaling, including the turbulent motion of fluids and the distribution of galaxies in the universe. A 1967 paper on the length of the English coast showed that irregular shorelines are fractals whose lengths increase with increasing degree of measurable detail. By 1975, Mandelbrot had developed a theory of fractals, and publications by him and others made fractal geometry accessible to a wider audience. The subject began to gain importance in the sciences.

Mandelbrot later also investigated another fractal terrain, that of shapes distorted in some way from one length to another. These fractals are now called nonlinear, since the relationships between their parts is subject to change. They retain some degree of self-similarity, but it is a local rather than global characteristic in them. The general definition of the word fractal may thus need further refinement, to indicate more precisely which shapes should be included and which excluded by the term.

The most intriguing of the nonlinear fractals thus far has been the mathematical set named after Mandelbrot by the American mathematicians John Hubbard and Adrien Douady. The more the set is magnified, the more its unpredictability increases, until unpredictability comes to dominate the bud-like shape that is the set's major element of stability. The set has become the source of stunning color COMPUTER GRAPHICS images. It is also important in mathematics because of its centrality to dynamical system theory. An entire Mandelbrot set is actually a catalog of dynamical mathematical objects--that is, objects generated through an iterative process called Julia sets. These derive from the work done by a French mathematician, Gaston Julia, on the iteration of nonlinear transformations in a complex plane.

Impact on the Sciences

Scientists have begun to investigate the fractal character of a wide range of phenomena. Researchers are interested in doing so for the practical reason that behavior on a fractal shape may differ markedly from that on a Euclidean shape. Physics is by far the discipline most affected by fractal geometry. In condensed-matter, or solid-state physics, for example, the so-called "percolation cluster" model used to describe critical phenomena involved in phase transitions and in mixture of atoms with opposing properties is clearly fractal. This has implications, as well, for a host of attributes, including electrical conductivity. The percolation cluster model may also apply to the atomic structure of glasses, gels, and other

amorphous materials, and their fractal nature may give them unique heat-transport properties that could be exploited technologically.

Another major area of condensed-matter physics to invoke the concept of self-similarity is that of kinetic growth, in which particles are gradually added to a structure in such a way that once they stick, they neither come off nor rearrange themselves. In the case of the simplest model of kinetic growth, the most important physical phenomenon to which it applies appears to be the fingering of a less-viscous fluid (water) through a more viscous fluid (oil) lodged in a porous substance (limestone and other kinds of rock). A more complex model explains the growth of colloidal agglomerates.

Mathematical physics, for its part, has a particular interest in nonlinear fractals. When dynamical systems--those that change their behavior over time--become chaotic, or totally unpredictable, physicists describe the route they take with such fractals (see CHAOS THEORY). Called strange attractors, these objects are not real physical entities but abstractions that exist in "phase space," an expanse with as many dimensions as physicists need to describe dynamical physical behavior. One point in phase space represents a single measurement of the state of a dynamical system as it evolves over time. When all such points are connected, they form a trajectory that lies on the surface of a strange attractor. Most physicists who study chaos do so with carefully controlled laboratory setups of turbulent fluid flow. Individual strange attractors have been identified for different kinds of turbulent fluid flow, suggesting the existence of numerous routes to chaos.

Although not concerned with fractals to the same extent as physics, other sciences have discovered them. In biology, the anomalous thermal relaxation rate of iron-containing proteins has been explained as resulting from the fractal shape of the linear polymer chain that comprises all proteins. The distribution pattern of atoms on the protein surface, a different aspect of protein structure, also appears to be fractal. Many more fractals have been detected in geology, including both random exterior surfaces--ragged mountains and valleys--and interior fractal surfaces in the brittle crust, such as California's famous San Andreas fault. Earthquake processes for small tremors--those of magnitude 6 or less--appear to be fractal in time as well as space, since these quakes occur in self-similar clusters rather than at regular intervals. Meteorology provides a different kind of space-time fractal: the contour of the area over which tropical rain falls is self-similar, and the amount of rain that falls varies in a self-similar fashion over time.

Finally, on the interface of science and art, computer-graphics specialists, using a recursive splitting technique, have produced striking new fractal images of great statistical complexity. Landscapes made this way have been used as backgrounds in many motion pictures; trees and other branching structures have been used in still lifes and animations.

Mort La Brecque

Bibliography: Fleischmann, M., and Teldesley, D.J., eds., *Fractals in the Natural Sciences* (1990); Gleick, James, *Chaos: Making a New Science* (1987); Hideki, Takayasu, *Fractals in the Physical Sciences* (1990); Mandelbrot, Benoit, *The Fractal Geometry of Nature* (1982); Peitgen, H. O., and Richter, Peter, *The Beauty of Fractals* (1986); Peterson, Ivars, *The Mathematical Tourist* (1988).

