Bajo ningún concepto considero que el enfoque fractal sea la panacea, y el análisis de cada caso debería juzgarse según criterios basados en su propio campo, es decir, en base sobre todo a su propia capacidad de organización, predicción y explicación, y no como ejemplo de una estructura matemática.

Benoît Mandelbrot

Pero importa que pongamos mucho cuidado y no olvidemos que estamos tratando, únicamente, con analogías y que es peligroso, no sólo con los hombres sino también con los conceptos, sacarlos de la región en que tuvieron su origen y maduraron.

Sigmund Freud

¿Imposturas fractales?

IÑAQUI DE OLAIZOLA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA Y PRODUCCIÓN
UAM-XOCHIMILCO
E-mail: inaquide@correo.xoc.uam.mx

Palabras clave:
geometría Fractal
diseño
capital simbólico

Key words:
fractal geometry
desing
symbolic capital

Resumen

En este trabajo se discute la utilización de conceptos y métodos de la Geometría Fractal en el campo del diseño. Se presentan algunos de los conceptos fundamentales de esta geometría (autosimilitud, dimensión fraccionaria) como marco para analizar críticamente cómo son empleados por algunos diseñadores. Se argumenta, sin desconocer la utilidad e importancia de la geometría fractal, que en muchos casos el empleo de estos conceptos en al campo del diseño es arbitrario, superficial y ligado más bien a la búsqueda de *heredar* la legitimidad de lo matemático en el discurso del diseño.

Abstract

IIn this paper we discuss how concepts and methods from fractal geometry are employed in design. We explain some of the fundamental concepts of this geometry (autosimilarity, fractal dimension) as a frame for analyzing how they are used by some designers. We argue, without neglecting the utility and importance of fractal geometry, that in many cases the use of these concepts in design is arbitrary, superficial and most inspired by the search of legitimacy from mathematics for design discurse.

A partir de la década de los años setenta, la geometría fractal, desarrollada por Benoît Mandelbrot (2003),[1] tuvo una gran influencia en diversos campos del conocimiento. En parte, el éxito que ha tenido este nuevo lenguaje se debe a la belleza de los objetos matemáticos con los que trabaja y, también, a que ofrece una manera relativamente simple de modelar formas que aparecen en la naturaleza; asimismo, este lenguaje permite estudiar fenómenos de gran complejidad que resultan difíciles de abordar con las herramientas analíticas convencionales.

Se encuentran aplicaciones de la geometría fractal en diversos campos como la economía, la organización de empresas, la neurología, las ciencias cognitivas, el arte y el diseño. La extrapolación de conceptos, métodos y teorías de un campo del conocimiento hacia otro no es un fenómeno nuevo; por ejemplo, la pretensión durkheimiana de utilizar los métodos de las ciencias naturales en el estudio de los fenómenos sociales o la aplicación de sistemas dinámicos en la explicación de los fenómenos económicos. Los conceptos y métodos construidos en cualquier campo de conocimiento obedecen a ciertas condiciones y supuestos, de modo que su traslado a otros campos no es trivial. En este trabajo se discute la utilización de conceptos y métodos de la geometría fractal en el campo del diseño.

CONCEPTOS BÁSICOS DE LA GEOMETRÍA FRACTAL

La geometría fractal es una extensión de la geometría clásica debido a que conceptos como espacio métrico y dimensión son definidos de tal manera que incluyen, como casos particulares, las nociones anteriores.

¿Qué es un fractal?

Mandelbrot hace la distinción entre *conjunto fractal*, que tiene una definición precisa, y *fractal natural*, "que servirá para designar sin demasiada precisión una figura que puede ser representada por un conjunto fractal" (2003:19).

[1] Si bien la referencia que utilizamos data de 2003, la publicación original, en francés, es de 1975.

De acuerdo con Wenger, Tyler, Peterson y Branderhorst (1992), una curva fractal es aquella para la que la estimación de su longitud se vuelve arbitrariamente grande conforme el modelo de medida se va haciendo cada vez menor.

En términos formales, un conjunto fractal es cualquier subconjunto del espacio de fractales (H(X), *h)*, donde X es un espacio métrico completo,[2] H(X) es el espacio cuyos puntos son los subconjuntos compactos de X[3] y *h* es la distancia de Hausdorff, definida como:

$h\,(A, B) = \max\,[d(A, B), d\,(B,A)]$ donde d es la métrica de X y

$d\,(x,B) = \min\,[d\,(x,y)\colon y \in B]$

$d\,(A,B) = \max\,[d\,(x,B)\colon x \in A]$

La geometría fractal estudia subconjuntos complicados de espacios geométricamente simples, tales como $\Re^2$, C. El conjunto de Mandelbrot, por ejemplo, surge del estudio, en el plano complejo, de la familia de transformaciones $z^2+\lambda$ que son estables en el origen de coordenadas. Frecuentemente, los fractales son asociados con diversas imágenes.

Como puede observarse en la figura 2, los fractales son objetos geométricos de una gran complejidad, sin embargo, es posible generarlos mediante procedimientos simples: el triángulo de Sierpinski se construye aplicando, iterativamente, un conjunto de tres funciones contractivas.[4] Este proceso se ilustra en la figura 3.

El triángulo de Sierpinski es el *punto fijo*[5] del conjunto de transformaciones. Esto equivale a decir, en este caso, que este fractal es el límite cuando el número de veces que se iteran las aplicaciones tiende a infinito.

Figura 1
La medición de la costa depende del tamaño del patrón de medida.

Autosimilitud

Una característica del triángulo de Sierpinski, y de otros fractales, es que se trata de figuras autosemejantes: el todo es semejante a sus partes. También se trata de figuras simétricas en relación con la escala, es decir, que la figura permanece invariante frente a cambios en la escala.

Esta misma característica aparece, evidentemente, en forma finita, limitada y no infinita como en el caso de los fractales, en diversas formas en la naturaleza: montañas, nubes, árboles, etcétera.

Dimensión Fractal

Otra característica fundamental de los fractales es su dimensión fraccionaria; la geometría fractal extiende la noción de dimensión; en la geometría euclidiana se trabajaba exclusivamente con las dimensiones 0, 1, 2 y 3. A fines

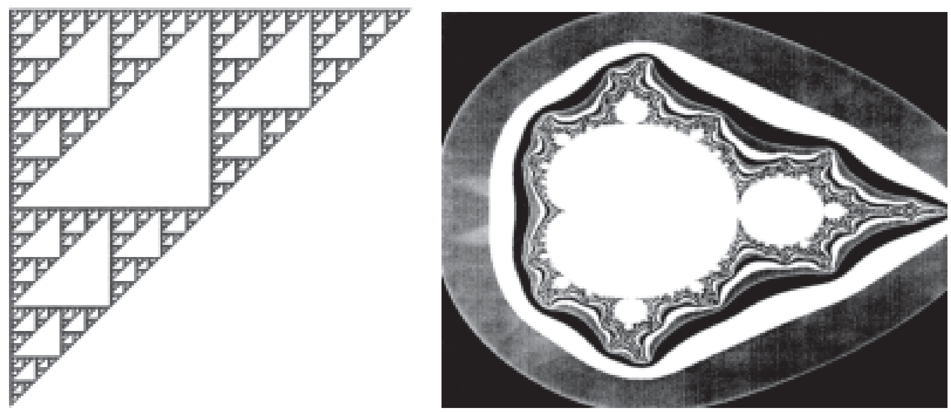


Figura 2
Figuras típicamente asociadas con el concepto de fractal, el triángulo de Sierpinski y el conjunto de Mandelbrot.

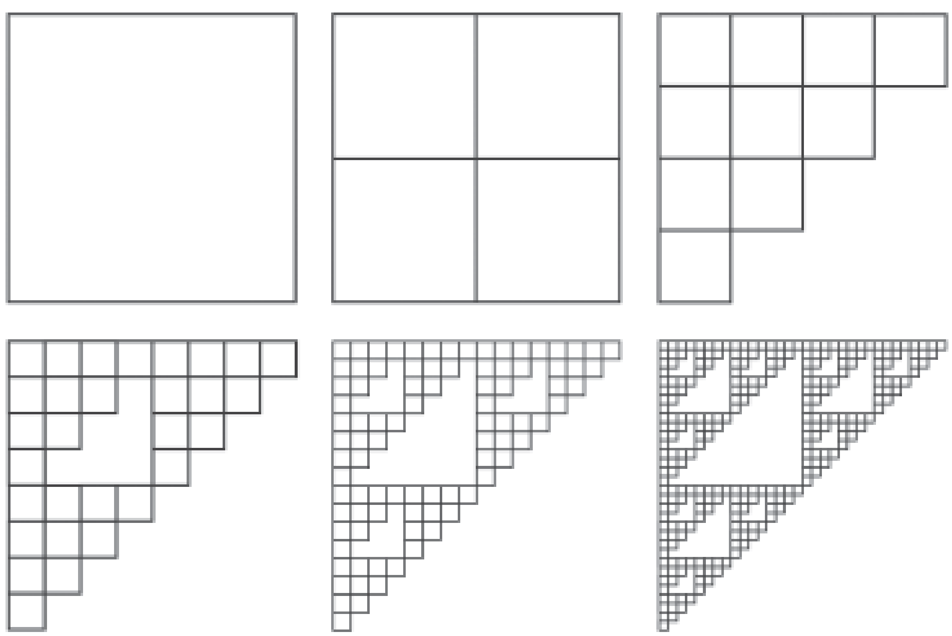


Figura 3
Generación del triángulo de Sierpinski.

---

[2] X es un espacio métrico completo, es decir, un conjunto de puntos, con una métrica definida tal que toda sucesión de Cauchy es convergente.

[3] Se dice que $S \subset X$ es compacto si toda $[x]_{n=1}^{\infty}$ en S contiene una subsucesión cuyo límite está en S.

[4] Cada una de las transformaciones reduce un objeto a la mitad. Una de ellas lo coloca en la esquina superior izquierda, otra lo desplaza a la derecha y la otra hacia abajo. El resultado de las aplicaciones no depende del conjunto original.

[5] Un punto fijo de una transformación o de un conjunto de transformaciones es aquel que permanece invariante bajo la transformación, es decir, x es punto fijo de T si $x = T(x)$.

del siglo XIX se consideraron espacios geométricos con dimensiones mayores, incluso infinitas, pero siempre enteras. Cada nueva extensión supone una visión radicalmente distinta de las anteriores y ha sido problemática su redefinición.[6]

La dimensión fractal es un intento de cuantificar un sentimiento subjetivo acerca de qué tan densamente ocupa un fractal el espacio métrico en el que se encuentra. Por ejemplo, la dimensión fractal de la costa de Inglaterra (ver figura 1) es 1.2. Esto puede interpretarse como una medida que indica que esta figura está más cerca de ser una línea de dimensión 1 que ser una superficie de dimensión 2.

Análogamente, es posible asignarle dimensión fractal a las nubes, a los árboles o a la fachada de un edificio. Estos números nos permiten, al decir de Barnsley (1988), comparar estos objetos del mundo real con los fractales de laboratorio.

El Teorema del Conteo de Cajas (Barnsley, 1988:176-177) es una forma útil y clara de definir la noción de dimensión fractal:

Sea $A \in H(\Re^m)$ con la métrica euclidiana. Se cubre $\Re^m$ con cajas cuadradas de lado $(1/2^n)$. Sea $N_n(A)$ el número de cajas de lado $(1/2^n)$ que intersecta al fractal A. La dimensión fractal D está dada por:

$$D = \lim_{n\to\infty} \frac{Ln(Nn(A))}{Ln(2^n)}$$

Esta dimensión fractal coincide con la dimensión euclidiana y le asigna 0, 1, 2 y 3 a puntos, rectas, cuadrados y cubos, respectivamente. De acuerdo con la figura 4, los valores de D para el cuadrado (cuya dimensión euclidiana es 2) son:

$N_1 = 4$, es decir, el número de cuadrados de lado $(1/2^1)$ que se necesita para cubrir el cuadrado de lado 1 es 4. Análogamente,

[6] La idea de tres dimensiones, proveniente de nuestras percepciones, fue mantenida durante siglos como la única posible. Desde la antigüedad se argumentó la imposibilidad de otra dimensión. Por ejemplo, Ptolomeo de Alejandría, en el siglo II d.C., argumentó en contra de una cuarta dimensión: "primero dibujamos tres líneas mutuamente perpendiculares... tratemos ahora de trazar una cuarta línea que sea perpendicular a las tres anteriores. Por más intentos que hagamos esto resulta imposible, por lo tanto la cuarta dimensión resulta imposible". Durante siglos, importantes matemáticos se opusieron a la posibilidad de una cuarta dimensión. Por ejemplo, en 1685 John Wallis calificó el concepto de cuarta dimensión de Monstruo de la Naturaleza. La primera extensión al concepto de dimensión se da a fines del siglo XIX y principios del XX, asociada a J. Plücker y M. Fréchet: se introduce la noción de espacio abstracto y la posibilidad de espacios geométricos con un número arbitrario de dimensiones.

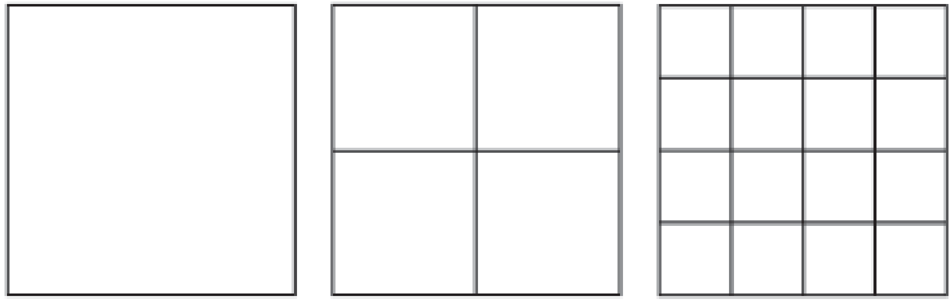


Figura 4
El cuadrado de lado 1 es cubierto por 4 cuadrados de lado $^1/_2 = (/2^1)$ y por 16 cuadrados de lado $^1/_4 = (1/2^2)$

se necesitan 16 cuadrados de lado $(1/2^2)$ para cubrir el mismo cuadrado, de modo que, en este caso, $N_2 = 16$.

En ambos casos, la dimensión calculada es la misma:

$$D_1 = \frac{Ln(N_1)}{Ln(2^1)} = \frac{Ln(4)}{Ln(2^1)} = \frac{Ln(2^2)}{Ln(2)} = \frac{2Ln(2)}{Ln(2)} = 2$$

$$D_2 = \frac{Ln(N_2)}{Ln(2^2)} = \frac{Ln(16)}{Ln(2^2)} = \frac{Ln(2^{2^2})}{Ln(2^2)} = \frac{2Ln(2^2)}{Ln(2^2)} = 2$$

Es fácil ver que el modelo se repite, es decir:

y, por lo tanto,

$$D = \lim_{n\to\infty} \frac{Ln(Nn)}{Ln(2^n)} = 2$$

Utilizando el mismo procedimiento es posible calcular, para el caso del triángulo de Sierpinski, su dimensión fractal: Ln(3)/Ln(2)= 1.58.

Este método permite medir experimentalmente la dimensión fractal de cualquier figura y de esta forma asociar dimensiones fractales a nubes, árboles, etcétera. Tal como se definió, la dimensión fractal, implica tomar el límite al infinito. En caso de figuras en las que su complejidad desaparece con la escala, a partir de ese momento, las iteraciones arrojarán dimensiones enteras. Sin embargo, limitando la dimensión fractal a una aproximación experimental es posible asociar a cualquier curva o superficie una dimensión fractal.[7]

[7] Por ejemplo, en la red se puede consultar el trabajo de Wolgang E. Lorenz: *Fractals and Fractal Architecture* (http://www.iemar.tuwien.ac.at/modul23/Fractals/) en el que explica, claramente, como estimar la dimensión fractal de fachadas arquitectónicas.

Diseño y geometría fractal

Una aplicación clara e inmediata de la geometría fractal es la generación de imágenes, lo mismo para formar modelos fractales en los adoquinados, estampas en una tela o bien un paisaje para una película digital; este lenguaje facilita la obtención de complicados diseños.

En el campo del diseño arquitectónico, la geometría fractal ha encontrado buena acogida. Entre los más entusiastas autores que hacen suyo el lenguaje de ésta encontramos a Salingaros, Mikiten, Hing-Sing y Eaton (2000).

Estos autores parten del supuesto de que "los sistemas de organización que caracterizan al cerebro y a la mente son, al menos parcialmente, de naturaleza fractal." Aún más, para Salingaros (2003): "...nuestra mente está estructurada (*hard-wired*) para construir las cosas de cierta manera, así que, inevitablemente construimos estructuras fractales." Ante afirmaciones de este carácter es necesario formular un par de preguntas: si como sugieren estos autores, así como nuestros ojos son capaces de registrar sólo ciertas longitudes de onda, nuestra mente está equipada para funcionar y producir estructuras fractales, ¿por qué tardó tanto tiempo la humanidad en formular teóricamente lo que se le da de manera natural, es decir, la geometría fractal? ¿Por qué las mejores mentes matemáticas, la de Poincaré entre ellas, se resistieron aceptar como objetos matemáticos las primeras apariciones de objetos fractales y en cambio los calificaron de *galería de monstruos*?

Salingaros, en su crítica a la arquitectura moderna, encuentra que las virtudes de la arquitectura vernácula residen, entre otras cualidades matemáticas, en su estructura fractal ya que, según explica, "hay una estructura observable en cualquier nivel de magnificación y los distintos niveles de escala están íntimamente relacionados por el diseño."

Considera que lo mismo ocurre en el plano urbano:

Las ciudades –al menos las más placenteras– son fractales. Todo, desde los caminos y calles, hasta la forma de las fachadas y la ubicación *de los árboles, es fractal en las grandes ciudades como París, Venecia y Londres. Esto ha sido medido matemáticamente por personas como Michael Batí y Pierre Frankhauser (2003).*

¿Qué "ha sido medido matemáticamente"? Una cosa es que sea posible asociar o modelar ciertas figuras con conjuntos fractales, independientemente de que tan útil sea o no hacerlo y otra muy diferente es pretender dar una validez matemática a la idea de que las ciudades "son fractales".

Es posible representar árboles, montañas y nubes mediante conjuntos fractales y, entonces, referirnos a ellos como figuras fractales. En este sentido, podemos aplicar la metáfora fractal, la noción de figura fractal acuñada por Mandelbrot, a la fachada de un edificio y reconocer junto con Salingaros que encontramos estructuras y relaciones geométricas en diversas escalas: nuestros "nuevos lentes fractales" nos permiten ver, interpretar estas formas de cierta manera; pero igualmente podemos mirarla a través de un cristal euclidiano y percibirla, en cierto sentido, de manera completamente diferente.

Así como Ptolomeo y Copérnico contemplando el mismo ocaso estarían percibiendo cosas completamente distintas, Alberti y Mandelbrot paseando por las calles de París o Venecia tendrían experiencias estéticas muy distintas. Es decir, la "fractalidad" de una ciudad o una fachada está, en primer lugar, en los "lentes" con los que las miramos.

Frank Lloyd Wright reconocía en la Naturaleza (así, con mayúscula) la inspiración para sus diseños; su intención era emplear la geometría que encontraba en la naturaleza y su método consistía en adoptar la simplificación abstracta expresada en las pinturas japonesas (Eaton, 1998).

Según Eaton, la Casa Palmer fue diseñada empleando el triángulo (1, 2, √3) como elemento fundamental, la forma invariante que aparece en, al menos, 11 escalas diferentes.

En su análisis de la casa, reconoce que:

> *...debemos recordar que no es ni una abstracción matemática como el copo de nieve de Koch ni un fractal aleatorio como un campo de taludes. Por su misma naturaleza no puede ser un fractal puro porque es una estructura diseñada por un arquitecto real y construida por artesanos reales para personas reales que viven en un mundo real. Sin embargo, encontraremos los elementos fractales básicos de iteración e invariancia bajo la escala* (1998:35).

Iteración e invariancia bajo la escala no son propiedades exclusivas de los fractales. La modulación (que supone la iteración) y la semejanza (que frecuentemente produce invariancia bajo la escala) han sido elementos básicos de la composición arquitectónica

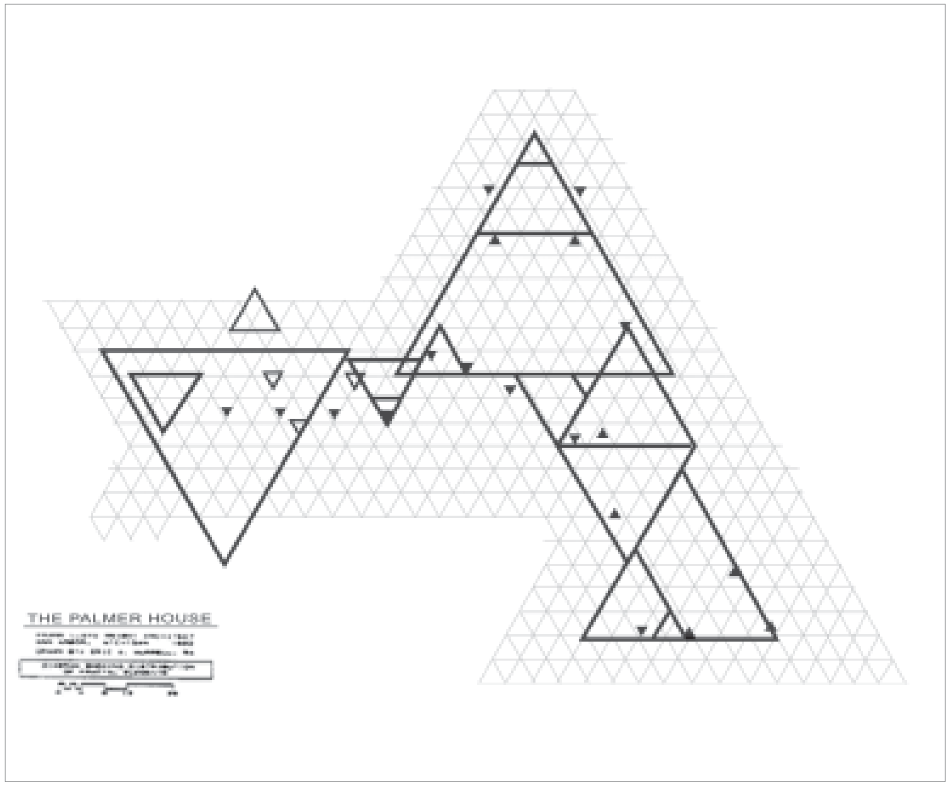


Figura 5
Planta de la casa Palmer.

desde hace siglos. El autor más adelante, agrega:

> *Pero es la particular contribución de la casa Palmer en la que la manipulación del módulo triangular de Wright que revela, con especial claridad, dramáticamente y más allá del debate, su intuición de lo que reconocemos ahora como geometría fractal –una disciplina que ni se había nombrado ni reconocido durante su vida–* (1998:37).

Aun adoptando la postura de que el sujeto encuentra la geometría en la naturaleza en lugar de partir de la idea de que la geometría es una construcción del sujeto y éste la emplea para modelar, con mayor o menor éxito, las formas de la naturaleza, parece un exceso imputarle a Lloyd Wright la intuición de las nociones fractales. Difícilmente podemos pensar que el hecho de utilizar el triángulo (1, 2, √3) sea fortuito; Platón señaló a este triángulo como uno de los elementos fundamentales en el universo, en tanto que está implícito en algunos de los sólidos platónicos. Parece más razonable interpretar el diseño de Lloyd en términos del orden euclídeo que como una anticipación de la geometría fractal. Eaton encuentra otra similitud entre la arquitectura de Wright y los fractales:

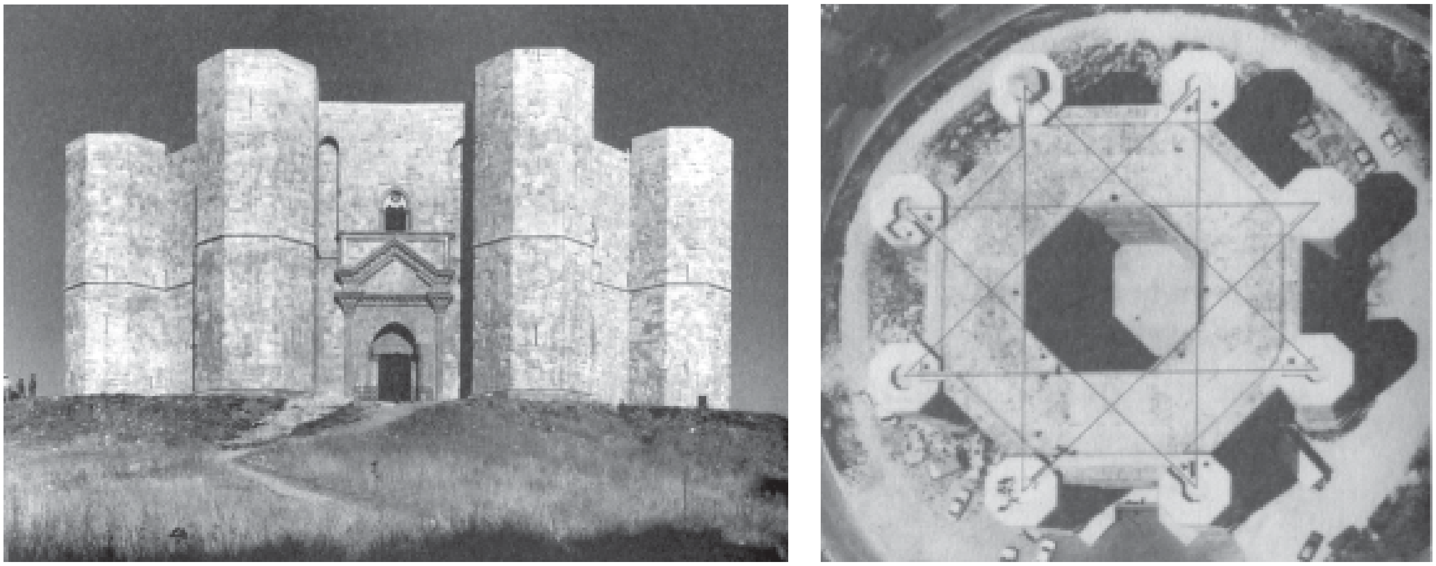
> *Es típico de los fractales (...) que tengan perímetros largos –inclusive perímetros teóricamente infinitos– que circundan un área finita. Así también, la arquitectura de Wright serpentea sin fin, conduciéndonos a lo largo y a través de infinidades de experiencias dentro de sus espacios acotados fractalmente.*

El *Castillo del Monte* ha sido una construcción que se ha mostrado como ejemplo de diseño fractal en virtud de los motivos octogonales que se repiten a distintas escalas. Sin embargo, Götze (1996) hace un análisis geométrico profundo de esta obra utilizando las nociones euclideanas.

Lenguaje y legitimación del discurso

De acuerdo con Sokal y Bricmont, autores del artículo "Transgredir las fronteras: hacia una hermenéutica transformadora de la gravedad cuántica" que apareció en la revista *Social Text* 46/47, dicen respecto a la publicación:

> *...estaba plagada de absurdos, adolecía de una absoluta falta de lógica y, por si fuera poco, postulaba un relativismo cognitivo extremo: empezaba ridiculizando el dogma, ya superado, según el cual "existe un mundo exterior, cuyas propiedades son independientes de cualquier ser humano individual e incluso de la humanidad en su conjunto", para proclamar de modo categórico que "la realidad física, al igual que la realidad social, es en el fondo una construcción lingüística y social". Acto seguido, mediante una*



Fachada y planta del *Castillo del Monte.*

> *serie de saltos lógicos desconcertantes, llegaba a la conclusión de que la π de Euclides y la G de Newton, que antiguamente se creían constantes y universales, son ahora percibidas en su ineluctable historicidad.*

Con la publicación de este galimatías, Sokal y Bricmont se propusieron mostrar la falta de rigor, por no decir los excesos y abusos que cometen quienes, al reconocer las limitaciones de las grandes metanarrativas, creen encontrar la justificación de afirmar, casi, cualquier cosa.

Como estos autores explican en su libro *Imposturas fractales,* escritores como Lacan, Irigaray, Baudrillard y Deleuze han hecho un empleo abusivo de conceptos y términos científicos, ya sea utilizándolos completamente fuera de contexto, sin justificar su proceder o bien "lanzando al rostro de sus lectores no científicos montones de términos propios de la jerga científica, sin preocuparse si resultan pertinentes o si acaso tienen sentido."

Sokal y Bricmont señalan el abuso que cometen esos autores en referencia a:

1) Emplear terminología científica –o pseudocientífica– sin preocuparse demasiado de su significado.

2) Incorporar a las ciencias humanas o sociales nociones propias de las ciencias naturales, sin ningún tipo de justificación empírica o conceptual de dicho proceder. Por ejemplo, Lacan afirma que la estructura del neurótico coincide exactamente con la del toro;[8] Kristeva, que el lenguaje poético puede teorizarse en términos de la cardinalidad del continuo;[9] Baudrillard, que las guerras moder-nas tienen lugar en un espacio no euclidiano.

3) Exhibir una erudición superficial.

4) Manipular frases sin sentido.

La utilización de las nociones de la geometría fractal en el diseño que hemos revisado son ejemplo de estos abusos. Se emplean los conceptos sin justificación empírica o teórica.

Sin excluir la posibilidad de que haya quienes empleen este estilo de escritura y argumentación con intención perversa, es probable que tal estilo obedezca más a una forma de expresión, a un discurso de ciertos grupos académicos que se va imponiendo en la práctica (sirve para publicar y es difícil que se refute, entre otras cosas, por su oscuridad).

En primer lugar, se recurre al prestigio de las ciencias naturales ("ha sido medido matemáticamente") para dar un barniz de rigor a sus discursos, sin reparar que frecuentemente se hace una extrapolación de conceptos científicos fuera de su ámbito de validez.

Por otra parte, es común y es útil recurrir a metáforas para ilustrar tal o cual concepto o teoría. La función de una metáfora suele ser la de aclarar un concepto poco familiar relacionándolo con otro más conocido; sin embargo, no es el caso: lejos de ilustrar o ejemplificar, oscurecen el significado de lo que pretenden explicar. La idea de que "el lenguaje poético puede teorizarse en términos de la cardinalidad del continuo" si tuviera pretensiones de validez teórica requeriría, sin duda, de un trabajo arduo de justificación; si la intención fuese de ilustración metafórica, resulta poco afortunada.

Los grupos académicos se establecen, se reafirman y se legitiman mediante su discurso, entendiendo por esto no sólo el lenguaje que emplean, sino las prácticas académicas implicadas en su quehacer. Dentro de un campo académico estos grupos se sitúan y establecen relaciones con otros grupos, con los que establecen relaciones de colaboración y competencia. Existen ciertas prácticas dominantes que les significan poder y legitimidad a algunas personas y relegan a otras, por ejemplo, ciertos discursos y posiciones políticas.

Quienes participan en un campo de conocimiento recurren a diversas estrategias para establecer su legitimidad; estrategias que no necesariamente son conscientes y buscan obtener credibilidad siguiendo las reglas y la lógica no escrita del campo y, en particular, acumulando "capital". Según Bourdieu (1993), los grupos sociales están constantemente intentando acumular formas de capital que fortalecen su posición en la sociedad. Los distintos tipos de capital son como ases en un juego de cartas que definen las oportunidades de obtener ganancias en un campo dado.

Este autor argumenta que hay tres formas de capital: *capital económico* relacionado con el dinero y las propiedades; *capital cultural* se puede relacionar con el dinero y es institucionalizado mediante las calificaciones educativas; *capital social* que puede relacionarse con el capital económico, pero frecuentemente es considerado como conexiones y es institucionalizado mediante los títulos nobiliarios (Bourdieu, 1985).

El poder y la legitimidad dentro de un campo se determina por la distribución de las formas específicas de capital y quienes

[8] El toro es sólido de revolución que se obtiene al girar un círculo alrededor de un punto exterior a él; equivale, coloquial y topológicamente a una dona.

[9] Se refiere al número de elementos que hay en cualquier conjunto equivalente a los números reales. Se trata de un número infinito de elementos, mayor que el de los números naturales (1, 2, 3,) pero menor al número de puntos en el plano.

tienen la investidura para hablar en nombre del campo son aquellos agentes que son reconocidos poseedores de capital. El poder está relacionado con el capital simbólico que se refiere al "prestigio o 'crédito social' conferido a los usos socialmente aceptados o escondidos de otras formas de capital...". Para Bourdieu el capital simbólico es cualquier forma de capital representado en una relación con el conocimiento. Generalmente, el conocimiento en las ciencias "duras" confiere mayor estatus y poder. Las prácticas que dan poder y estatus en un campo sirven para legitimar aquellas prácticas y discursos que mantienen el *estatus quo*.

En nuestro caso, el uso de términos científicos, aunque sea fuera de su contexto, y el empleo de una vasta lista de referencias bibliográficas y otro tanto de citas textuales suele incorporar un, nada despreciable, valor simbólico a los textos y, con él, poder y estatus.

Conclusiones

Acercarnos al pensamiento de otro con la intención de interpretarlo es, en esencia, una actividad semejante a la del antropólogo, quien pretende comprender una cultura ajena a la suya; el riesgo de imputar significados nuestros al otro es enorme. Este es precisamente el caso que discutimos de Eaton.

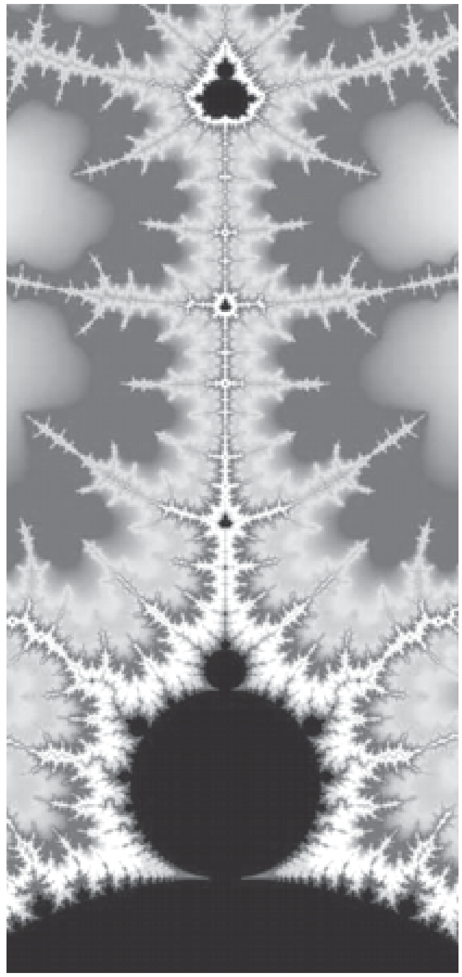
Hemos visto que lo fractal tiene que ver con la autosimilitud, la complejidad y la dimensión fraccionaria. Lo fascinante de los fractales está en su infinitud, por más que se reduzca la escala, el fractal sigue siendo igualmente complejo y, en algunos casos, cada parte del fractal es idéntica al todo.

Que una parte sea idéntica al todo es una característica de los conjuntos infinitos. Éstos son, necesariamente, una abstracción; toda experiencia humana es, inexorablemente, finita. Aceptar la existencia de lo infinito no es fácil. Uno de los axiomas de la geometría euclidiana tiene, precisamente, la intención de proscribir este tipo de objetos de su dominio del discurso: "El todo es mayor que cada una de sus partes".

Esto no fue, sin embargo, un impedimento para que el orden euclidiano describiese elementos autosemejantes, hasta un cierto nivel de jerarquía. La arquitectura occidental está llena de ejemplos de fachadas que contienen elementos semejantes al todo y éstos, a su vez, tienen otros elementos que están en armonía con la fachada.

Por otra parte, el reconocimiento de modelos recursivos y jerárquicos que hace la geometría fractal permite modelar, de manera relativamente simple, mediante unas cuantas líneas de código computacional, formas que sería terriblemente farragoso describir con el lenguaje euclidiano.

Calificar de fractal a un objeto tiene sentido, y será útil sólo si se define con suficiente



precisión en qué sentido lo es. En la cita inicial de este artículo, Mandelbrot, creador de la geometría fractal, hace hincapié en que el criterio fundamental para juzgar la bondad de la aplicación del enfoque fractal en otro campo debe ser la capacidad de organización, predicción y explicación que ofrece. Cuando nos proponemos modelar algunas formas de la naturaleza, montañas, por ejemplo, la geometría fractal ha demostrado plenamente su utilidad. Sin embargo, emplear las nociones de la geometría fractal con el fin de explicar construcciones que fueron, evidentemente, diseñadas de acuerdo con una concepción euclidiana no ayuda a explicarlas.

Bibliografía

Barnsley, M.,1988, *Fractals Everywhere*, Academic Press, San Diego, EUA.

Bourdieu, P., 1982, "The school as a conservative force: Scholastic and cultural inequalities", en E. Bredo y w: Freinberg (eds.), *Knowledge and Values in Social and Educational Research*, Temple University Press, Philadelphia, 391-407. pp.

Bourdieu, P., 1983, "Forms of capital" en J. G. Richardson (ed.), *Handbook of Theory and Research for the Sociology of Education*, Greenwood.

Bourdieu, P., 1985, "The social space and genesis of groups", *Social Science Information*, 24(2):195-220.

Bourdieu, P., 1991, *Language and Symbolic Power*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.

Eaton, L. E., 1998, "Fractal Geometry in the Late Work of Frank Lloyd Wright". En K. Williams (Ed.), *Nexus II Architecture and Mathematics*, Edizioni Dell´Erba, Fuceccio.

Götze, H., 1996, "Friderich II and the Love of Geometry". En K. Williams (Ed.) *Nexus Architecture and Mathematics*, Edizioni Dell´Erba, Fuceccio.

Mikiten, T. M., N. A. Salingaros, y Y. Hing-Sing, "Pavements as Embodiments of Meaning for a Fractal Mind", *Nexus Network Journal*, 2(2), April, http://www.nexusjournal.com/Miki-Sali-Yu.html.

Mandelbrot, B., 2003, *La geometría fractal de la naturaleza*, Tusquets, 2ª Ed., Barcelona.

Manovich, L., 2000, T*he language of new media*, MIT Press, Cambridge.

Ostwald, M., 2001, "Fractal Architecture": late twentieth Century Connections Between Architecture and Fractal Geometry, *Nexus Network Journal*, 3 (1), Winter, http:// www. nexusjournal.com/Ostwald-Fractal.html.

Salingaros, N. A., 2000, "Hierarchical cooperation in architecture, and the mathematical necessity for ornament", Journal of Architectural and Planning Research, 17: 221-235.

Salingaros, N. A., 2003, "Fractals in the New Architecture", *Archimagazine*, Lunedi 21, aprile.

Sokal, A. y J. Bricmont, 1996, "Transgredir las fronteras: hacia una hermenéutica tranformadora de la gravedad cuántica", *Social Text* 46/47, University Press.

_______ 1999, *Imposturas intelectuales*, Paidós, Barcelona.

Warnecke, H. J., 2003, Fractal Company-A revolution in Corporate Culture en A. Dashchenko (Ed.), *Manufacturing Technologies for Machines of the Future*, Springer, Berlin, 63-85.

Wenger, T., B. Tyler, M. Peterson, y P. Branderhorst, 1992, *Fractals for Windows*, Waite Group Press, USA.

Zevenbergen, R., 1966, "Constructivism as a liberal bourgeois discourse", *Educational Studies in Mathematics*, 31: 95-113.