VISIÓN FRACTAL Y EUCLIDIANA EN EL IMAGINARIO POLÍTICO

FRACTAL AND EUCLIDIAN VIEW IN THE POLITICAL IMAGINATION

Fernando Martínez Cabezudo
Universidad Pablo de Olavide, Sevilla
e-mail: fmarcab@upo.es

Recibido: marzo de 2011.
Aceptado: junio de 2011.

Palabras clave: Geometría, Fractal, Euclides, Imaginario, Metáfora, Política.
Keywords: Geometry, Fractal, Euclid, Imagination, Metaphor, Politics.

Resumen: En el siguiente texto intentaré usar las imágenes que se derivan de las diferentes concepciones de la geometría, para ver espacios de acción social. Mientras en el espacio euclídeo se trabaja desde formas suaves, perfectas, planas, en la geometría fractal las formas son rugosas, cambiantes. Intentaremos traducir estas dos versiones a los hechos sociales, para ver como el espacio fractal nos puede servir para adquirir perspectivas más abiertas. Para ello explicaremos porque hemos considerado el imaginario matemático importante, resaltaremos los caracteres más importantes de la geometría fractal y euclidiana, para concluir con la crítica que nos surge desde el imaginario fractal.

Abstract: In the following text we try to use images that comes from different geometry conceptions to see social action spaces. Meanwhile, in the Euclidean space are working from smooth forms, perfects, plains; in Fractal geometry forms are rough, changing. We try to translate this two views version to social facts, to see how Fractal space can be used to get wider perspectives. To this, we explains because of the mathematical imagination importance, we highlight the more important characters of Fractal and Euclidean geometry, to conclude with the critic that arise from the Fractal imagination.

1. Introducción

La hipótesis general de éste breve estudio es ver si existe la posibilidad de la existencia de una visión fractal, en oposición a una visión euclidiana, en la contemplación del imaginario político-social. Y si, en consecuencia, podemos aplicar las críticas de la geometría fractal a la euclidiana en el campo del estudio de lo político.

Para la exposición de las ideas he decidido hacer una presentación un tanto maniquea de dos corrientes de la geometría. La presentación de la geometría fractal y la euclidiana como antagónicas se debe, sobretodo a las diferentes concepciones que tienen de los límites, aunque explicaremos ésto más detenidamente, ahora baste decir que la geometría euclidiana concibe los bordes de manera suave, es decir, lineales, continuos, nunca controvertidos, de una cierta manera, perfectos en su representación. Ejemplo de esto sería la definición 22 de Los Elementos '*De las figuras cuadriláteras, cuadrado es el que es equilátera y rectangular...*' (Euclides, 1991: 195), de manera que se habla de un espacio donde es posible medir y comparar con perfección. Sin embargo, el caso de la geometría fractal es bastante más peliagudo, no define bordes suaves, al contrario, es una geometría basada en la rugosidad, en la imposibilidad de las medidas perfectas, pero convencida de poder hacer una aproximación. Si acudimos a la Britannica Encyclopaedia y vemos la definición que da de fractal (elementos básicos de la geometría fractal) observamos que '*Fractals are distinct from the simple figures of classical, or Euclidean, geometry-the square, the circle, the sphere, and so forth. They are capable of describing many irregularly shaped objects or spatially nonuniform phenomena in nature such as coastlines and mountain ranges.*'[1] (Britannica Encyclopaedia, Inc., 1994: vol. 4, p. 915), en esta definición ya encontramos objetos como las líneas de costas o las cordilleras montañosas que son de bordes que no se pueden concebir en el espacio euclidiano, suave y continuo, si no que son cambiantes, no uniformes, rugosos.

Para esta caracterización simple de un tema mucho más complejo, existe una doble razón, por un lado, el texto está escrito para personas no expertas en geometría, y por el otro, no se trata de profundizar en la teoría matemática. Debido a ésto, he polarizado las visiones del espacio geométrico en dos porque, para nuestro caso, podría resultar confuso el hablar de geometrías no euclidianas como la hiperbólica de Lobachevski que si que definen espacios donde las figuras tienen bordes suaves y que en lo que se diferencian de la euclidiana es en su divergencia respecto del quinto postulado de Los Elementos[2], que se refiere a la existencia de las líneas paralelas (Alexándrov, 2008: 15-17). Así que en el siguiente estudio se confundirán, intencionadamente, geometría euclidiana y otras que no lo son, porque no comparten los famosos cinco postulados de *Los Elementos*, pero que mantienen un grado de semejanza importante. Tanto que, una incoherencia matemática en la geometría de Lobachevski implicaría un error recíproco en la euclidiana, '*Desde el punto de* *vista de la lógica* [estamos hablando de la lógica matemática] *la geometría euclídea y la geometría de Lobachevski son perfectas en igual medida*.' (Alexándrov, 2008: 22). Frente a una definición que establezca una separación taxonómica, he decidido un concepto más liviano, para que la comprensión de los términos matemáticos no distorsione el propósito principal.

Para finalizar con esta introducción, quisiera poner de relieve que en éste texto no se va a tratar de hacer un estudio sobre las posibilidades de la aplicación de las teorías de la matemática del caos a los campos de la econometría, como ya hiciera el padre de la geometría fractal Benoit Mandelbrot (Mandelbrot, 2006) . Ni tampoco de buscar una forma de poder aplicar los ciclos de iteración a las ecuaciones manejadas por las corrientes sociológicas con metodologías más matematizadas, para poder representar el caos de los datos de los estudios macroscópicos en representaciones fractales. De lo que se trata, es de intentar ver las implicaciones que tienen para el imaginario político la asunción de los diferentes espacios dibujados por las diferentes geometrías, '… *contribuir a desconectar el conjunto de circulaciones metafóricas gracias a las cuales, principalmente, vemos proyectos políticos buscando una justificación en la verdad de la naturaleza …*' (Strangers, 1993: 41).

2. La importancia de la Matemática

Antes de meternos en materia merecería la pena hacer una breve cronología de hitos que ponen de relieve la importancia de las metáforas construidas por la matemática. Metáforas, que influyen de manera importante en las concepciones de las cosmovisiones mayoritarias en occidente.

La importancia de la matemática para la formación del imaginario en occidente es pieza clave desde mucho antes que las corrientes cientificistas de los siglo XVII y XIX desarrollasen el positivismo científico, donde la razón matemática es una figura central. Al menos desde la Antigüedad Clásica, en Grecia, la matemática se vuelve la forma de conocimiento más privilegiada, más pura. Quizás el mejor ejemplo de ésto sería el reflejado en este extrato de los Moralia de Plutarco: «*Pues bien* (…) *en todas las ciencias llamadas matemáticas, como en pulidos y lisos espejos, parecen huellas e imágenes de la verdad de las cosas inteligibles, pero sobre todo en la geometría, que es, según Filolao, principio y metrópolis de las demás, eleva y dirige la mente, como liberada y purificada de la sensación.*» (Plutarco, 1984: vol. IV, p.345).

En nuestro estudio, este fragmento nos revela dos datos importantes: en primer lugar, la primacía de la matemática como discurso privilegiado que es capaz de penetrar en la verdad del mundo para mostrar como es la verdad. En este punto Plutarco está recogiendo la influencia de los pitagóricos, donde podemos ver la hibridación entre matemáticas y la construcción del imaginario hasta el punto de conjugar el conocimiento matemático con el religioso. En Aristóteles la influencia de éstos últimos es grande, de hecho, en la Lógica formaliza los silogismos como una forma de cálculo abstracto, aunque pierde centralidad (la matemática) en el planteamiento general. Sin duda, Plutarco recoge estas influencias que hunden sus raíces en lo más profundo de Grecia y las eleva hasta el punto de reconocerlas como las potencias que '…*elevan y dirigen la mente …*' (Plutarco, 1984: p. 345). En segundo lugar, nos indica como dentro de la matemática existe una subdisciplina que supone la sublimación de todo este conocimiento, así la geometría se transforma en la teoría que da forma al mundo, es más, comprende todas las formas, así como, el proceso de construcción de éstas, tanto de las existentes como de las imaginables.

Avanzando en el tiempo, hacia el siglo XVII y moviendo el foco de Grecia a Francia, nos encontramos con un con uno de los autores más importantes para la consolidación de las matemáticas como pieza clave en nuestro imaginario. Me refiero a René Descartes, en su obra se imbrican de manera excelente las ideas sobre el pensamiento matemático y la descripción del mundo. En el *Discurso del Método* leemos: '*… al fin y al cabo el método que enseña a seguir el orden verdadero y a recontar exactamente las circunstancias todas de lo que se busca, contiene todo lo que confiere certidumbre a las reglas de la aritmética.*' (Descartes, 2006: 28), si el propósito era desarrollar un conocimiento que se apartara de la superstición está claro cual será la base de éste. De hecho, en la Quinta Parte, el Discurso acaba afirmando ésto: '*Por lo demás, para que los que no conocen la fuerza de las demostraciones matemáticas y no tienen costumbre de distinguir las razones verdaderas de las verosímiles, no se aventuren a negar ésto que digo …*' (Descartes, 2006: 70), queda claro que existe una diferencia cualitativa de la razón matemática sobre el resto, que solo es capaz de aproximarse construyendo imágenes verosímiles pero no veraces. Al final, será su compatriota Augusté Comte quien recoja ésto con más fuerza, en el *Discurso del Espíritu Positivo*, que acaba cristalizando el propósito de la construcción de un pensamiento científico alejado de la superstición, el punto 73 empieza de la siguiente manera: '*Así se llega gradualmente a descubrir la invariable jerarquía, a la vez histórica y dogmática, de igual modo científica y lógica, de las seis ciencias fundamentales: la matemática, la astronomía, la física, la química, la biología y la sociología, la primera de las cuales constituye necesariamente el punto de partida …*' (Comte, 1980: 125). Observamos como se recoge la idea de Descartes y se expresa con rotundidad.

Volvemos a ver lo mismo que señalamos en el caso de Plutarco, las matemáticas como base sobre la que se erige el edificio del conocimiento. Se presenta como la idea mas pura, la menos contaminada por opiniones que alejan la posibilidad de adquirir la verdad. En la actualidad, y pese al debate sobre la racionalidad que podemos observar en las dos etapas de Wittgenstein [3], el discurso privilegiado que define el mundo sigue siendo la ciencia. Son los muestreos estadísticos los que señalan nuestras preferencias. Hoy en día, la ciencia niega la capacidad predictiva del tarot, pero es capaz de ver en las estadísticas de intención de voto un método capaz de escrutar el futuro electoral, pese a la cantidad de veces que se equivocan. Vincet Mosco pone de relieve el cambio que supuso para la teoría económica el paso que se dio de la Economía Política a la Neoclásica. Ésta última, introduciría el estudio de la economía basado en la aplicación de un sistema de ecuaciones que, al no estar 'contaminado' por el historicismo de la antigua Economía Política, revela con mayor precisión la realidad del mundo económico. Así la labor del economista cambia de perspectiva, en palabras del propio autor: '*Just as astronomers and physicists had identified the essential harmony of the physical world, the economist would locate and describe qualities of economic units and their relationships that maintained balance in the world of goods.*'[4] (Mosco, 2009: 46).

Con estas breves pinceladas quiero resaltar la importancia de la propia lógica matemática en la construcción de las cosmovisiones en occidente. Podríamos haber puesto otros ejemplos que revelasen esta afirmación, como el caso de Jeremy Bentham y su cálculo algebraico de la felicidad o los cálculos, mucho más actuales, sobre el supuesto capital humano. Quizás Emmánuel Lizcano resuma con mayor precisión la idea que se encuentra en este apartado, en relación a ésto: '*La cuestión no es tanto si la geometría reprime un imaginario agrícola, primitivo y agonístico cuyas metáforas muertas zapan en secreto sus ilusiones de universalidad; más preocupante es el hecho de que esta ilusión de universalidad presida el imaginario vivo con el que la tribu occidental aborda cotidianamente los territorios y los hombres*' (Lizcano, 2006: 17).

En este plano de la reflexión me gustaría acabar observando lo que supuso la hibridación más radical de las características del espacio euclídeo con la visión del mundo. Hemos resaltado características como la abstracción o la idealidad de los sistemas, esto llegará a ser hipostasiado cuando la mecánica de Newton, que se basa en la concepción de espacio de Euclides, se mezcla con la química en las ideas de Laplece. El famoso demonio[5] del francés conjugaba a la perfección estas ideas, la hipótesis consistía en suponer que si existiese un ente con la suficiente capacidad de cálculo y memoria para saber la posición y la velocidad de cada partícula en el universo podría decir lo que le ocurrió y lo que le va a ocurrir. Para acentuar ésto leemos en palabras de Frith: '*Leaving aside implication for free will, the statement is an impeccable mathematical consequence of Newtonian mechanics*'[6] (Frith, 1991: 1565). Lo más importante, desde nuestro punto de vista, es que las características ideales que implican la asunción de la matemática como el conocimiento más puro acaban invadiendo nuestra representación del mundo. Creo que a través de los ejemplos que hemos puesto se ve que esta invasión se da a todos los niveles, configurando los horizontes de posibilidad de estas representaciones.

Para finalizar, quisiera llamar la atención sobre la importancia que tendrá la geometría en el paisaje dibujado arriba. La geometría como subdisciplina privilegiada definirá la integridad del mundo, la forma en como son captadas las formas, tanto que '*Esta cenestesia geométrica de la tribu occidental compromete nuestra relación con la historia, con el tiempo y con la vida.*' (Lizacano, 2006: 19).De hecho también podemos observar que la geometría como teoría científica influye más allá del propio campo de acción que podemos suponerle, Antonio Escohotado, en un interesante ensayo sobre la Teoría del Caos[7], llega a afirmar que el concepto del espacio definido por la geometría euclidiana llegará a ser más importante en las ciencias sociales que en las propias ciencias duras (Escohotado, 1999: 123). Así, la definición que hace la geometría del espacio se entenderá como el mismo espacio y en concreto, la de Euclides, será el paradigma que definirá las formas.

3. Diferentes Geometrías

Una vez que hemos establecido la relevancia de la geometría en el pensamiento occidental, debemos de afrontar las definiciones de las dos teorías que propusimos en la introducción. En el apartado anterior hicimos un repaso breve de la trayectoria de la influencia de las matemáticas, pero en varias ocasiones mencionamos la geometría euclidiana como la idea hegemónica en este campo. También, en la introducción hablamos de diferentes geometrías que si bien eran no euclídeas las agruparíamos para contraponerlas a la fractal, pero todavía no hemos acometido la definición de ninguna de éstas.

Veremos dos teorías geométricas en este apartado, la euclidiana y la fractal. Como éste no es un trabajo matemático intentaré analizar la implicaciones que se derivan de los axiomas o principios en los que se apoyan. Es decir, no estaremos ante los cambios para la concepción del plano que supuso la corrección de Lobachevski en el quinto axioma de Euclides, si no que haremos una definición somera de cada una de ellas (Geometría Fractal y Euclidiana). No será una definición matemática, será una caracterización de los aspectos con los que después trabajaremos, por lo tanto, he seleccionado las características que más intervienen en la forma en como se construye y representa el espacio.

Geometría Euclidiana

Ya hemos dicho que bajo esta nomenclatura agruparemos diferentes geometrías como la del ya citado Lobachevski o geometría hiperbólica. Si bien, esta no se puede considerada eculidana, solo difiere en el relativo a la existencia de las lineas paralelas, la concepción de las medidas, de los límites, de la precisión, es la misma. Ya que la idea está centrada en estas representaciones me parece acertado ponerlas bajo el mismo conjunto, si bien he decidido agruparlas bajo el nombre de una corriente definida. La razón es que el espacio bajo el que trabajan es el diseñado por *Los Elementos* de Euclides.

La geometría de Euclides surge de la abstracción, es del pensamiento separado de la realidad cotidiana de donde nacen las intuiciones que definen las formas y las medidas. Ésta será la primera de las características que cincela el espacio que estamos contemplado. La definición de linea del Libro I de Los Elementos es un fiel reflejo de ésto: '*Una línea es una longitud sin anchura.*' (Euclides 1991: 189). En un mundo tridimensional, como el que vivimos, es imposible imaginar una longitud que no tenga anchura. Podemos imaginar anchuras ínfimas, como la que tiene el grafeno[8], pero que sea muy pequeña, casi imperceptible, no implica que no exista. Solamente las proyecciones de luz pueden tener esta característica, pero aún así la linea dibujada sigue teniendo una medida, en tanto, que la luz implica una longitud de onda determinada que ocupa el espacio de manera tridimensional.

Esta abstracción ideal es la que servirá de base al resto de características que vamos a destacar. Ahora, centrándonos en el problema de la precisión, nos referiremos al problema de las medidas, que a su vez, nos remite al problema de los límites. En un espacio ideal como el euclídeo es posible imaginar figuras con un límite continuo y determinado, es decir, es un plano donde podemos pensar medidas con un margen de error cero. La definición de figura de Los Elementos es clara '*Una figura es aquello que está contenido por cualquier límite o límites.*' (Euclides 1991: 193), estos límites son una longitud sin anchura, es decir, en un momento dado estamos en el área confinada por la figura y en otro, sin solución de continuidad, estamos fuera de ella. Este borde suave y definido, es lo que permite que se tomen medidas perfectas, la naturaleza del límite será lo que rija la construcción de los objetos en este espacio.

Derivado de ésto surge la idea de regularidad, es decir, en este espacio es fácil ver diferentes objetos con un diseño idéntico, me explico, la diferencia entre un cuadrado de lado 5 y otro de lado 7 es lo relativo a las medidas de sus lados o sus áreas, pero son idénticos en sus ángulos y proporciones. Como los límites son definibles con precisión nos podemos imaginar figuras, objetos, con medidas exactas y repetibles. Así, es posible trasladar la construcción ideal al mundo en el que vivimos a través de suponer el esquema de la figura en lo que vemos. Cuando vemos una mesa podemos calcular su área, porque suponemos que la superficie del objeto del mundo real mesa es coincidente con el objeto imaginado en el espacio euclídeo rectángulo.

Por último, tendríamos que ver una relación, que si bien, no la he mencionado hasta ahora, si que está implícitamente en todo lo que hemos venido hablando. Me refiero a la relación existente entre geometría euclidiana, topografía y cartografía. Las tres se refieren a medidas sobre la tierra, si bien, son diferentes aspectos del mismo prisma. Sin duda, las dos últimas están íntimamente relacionadas, si la cartografía se refiere al conocimiento de trazar los mapas geográficos, y la topografía es la representación de un terreno en un plano, no podemos dudar de la conexión entre éstas. La relación con la geografía surge desde niveles etimológicos, así la geometría de Euclides era la matemática aplicada a la medición de la tierra, en contraposición a la geografía, de origen menos científico, que se referiría a la representación de ese espacio medido por la anterior. De éste modo, vemos que existe una relación de superioridad jerárquica de la geometría con respecto a sus dos hermanas menores. Así lo que nace como un pensamiento abstracto acaba definiendo la realidad del mundo percibido, hay que recordar, que como apunta Lizcano; '*Como en el caso de la cartografía, no se puede separar tampoco la geometría del poder y la conquista.*' (Lizcano, 2006: 16), una de las imposiciones más grandes devenidas con la modernización ha sido precisamente ésta, la conquista de la representación del espacio cotidiano. El haber implementado en nuestro sistema geográfico las idealizaciones de pureza y de infalibilidad del conocimiento matemático del espacio euclídeo ha hecho ver que: '*Las prácticas matemáticas* [y geométricas] *de los otros quedan así legitimadas –o deslegitimadas– según su mayor o menor parecido con la matemática* [geometría] *que hemos aprendido en las instituciones académicas.*' (Lizcano, 2006: 187).

Geometría Fractal

En este apartado trataremos de hacer una caracterización de otro tipo de concepción del espacio. La gran diferencia que existe sobre las definiciones anteriores será el campo de estudio de ésta geometría, '*La teoría de objetos fractales es revolucionaria: se habla de objetos, no de figuras, desaparece la distancia entre el objeto y su figura(ninguna figuración comprimirá o reprimirá el objeto*' (Ibañez, 1993: 22).

Las diferencias que entrañan esta nueva concepción hacen surgir otro campo de estudio de las formas. El término fractal se lo debemos al padre fundacional de esta teoría, Benoit Mandelbrot, que compone el término refiriéndonse a raíces latinas, fractal proviene del verbo latino *frangere* (romper) y el adjetivo correspondiente *fractus* (irregular y fragmentado). Para dar una definición he preferido no referirme a textos especializados, pues no es a nivel teórico-matemático hacia lo que dirigimos nuestra atención, si no a nivel más simbólico, más a nivel de las representaciones que generan las concepciones geométricas. Por esta razón, he seleccionado una definición de un texto no especializado como el Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia de la Lengua (en su 21ª edición), si buscamos en la entrada fractal leemos: '*(...) Figura plana o espacial, compuesta de infinitos elementos, que tiene la propiedad de que su aspecto y distribución estadística no cambia cualquiera que sea la escala con que se observe.*' (R.A.E., 2001: 733) En esta definición, quizás mejor que la que dimos en la introducción, aparecen los puntos claves que desarrollaremos a continuación y nos da una aproximación bastante buena para nuestros propósitos explicativos.

Antes de empezar con el análisis, haremos un breve recorrido histórico por el surgimiento de esta geometría, a fin de poder situar mejor las ideas que propondremos. Así, el primer hecho importante que empieza a discutir la superioridad hegemónica del espacio euclidiano será en el siglo XIX cuando la geometría hiperbólica empieza discutir los axiomas de *Los Elementos*. A finales de ese siglo será cuando aparezca el primero de los objetos que cuestionará la dimensión del espacio euclídeo: el conjunto de Cantor.[9] El estudio que hizo el matemático Georg Cantor de este objeto vino a ser la primera vez que se introducía la cuestión de las dimensiones fraccionarias. Spaindel en su estudio sobre el surgimiento de la teoría fractal nos dice esto: '*Las dimensiones fraccionarias no fueron discutidas hasta 1919, cuando el matemático alemán Félix Hausdorff se atrevió a conectar esta idea con la estructura a pequeña escala de formas matemáticas. Seguida por la dimensión inventada por el matemático ruso A. S. Besicovitch, la dimensión introducida por Hausdorff fue la antecesora directa de la dimensión fractal.*' (Spaindel, 2003: 87). Pero la discusión fue poco fecunda y la comunidad científica acabó tachando objetos como el de Cantor de anomalías patológicas. Ya desde este momento, se puede advertir que la propia existencia de la geometría fractal implica un ataque a la posición de poder del imaginario derivado del espacio euclídeo, de hecho, la academia reacciona negando la importancia de los primeros indicios de ésta, como mencionaba Lizcano la geometría no se puede separar del poder y de la conquista.

No fue hasta 1961 cuando Mandelbrot se empieza a fijar en estos objetos. De su trabajo sobre la varianza de los precios a pequeña y gran escala, surgió un trabajo que investigaba escalas no tradicionales, no estudiadas en profundidad, en las que se incluían los movimientos turbulentos de los fluidos y la distribución de las galaxias. Este trabajo influyo en el meteorólogo Lewis F. Richardson, en 1963, haciendo una investigación de los ciclos tormentosos aplicó las ideas de Mandelbrot a la representación de los datos meteorológicos. En la representación que hizo de estos datos, que en principio no guardaban relación ninguna, descubrió que se iba formando un objeto que si bien nacía de un caos de datos sin organizar, en la representación se iba conformando una especie de objeto con forma de mariposa, como un signo de infinito[10]. De esta experiencia Richardson extrae dos importantes consecuencias, primero, que pese al azar climatológico y al caos de los datos, había una especie de forma recurrente en el gráfico, aunque las líneas nunca se cruzaban ni pasaban por el mismo camino exacto se acababa configurando un mismo dibujo. Al patrón que ésta por debajo de los motivos dibujados se le llama atractor, ésto será importantísimo en el posterior desarrollo de la materia. La segunda conclusión que extrae, es que al estar todos los datos representados en un objeto que los interrelacionaba, no se podía ni redondear ni despreciar cantidades ínfimas, porque hasta las más mínima alteración provocaba una reacción diferente en la representación. De aquí es donde nace el famoso *efecto mariposa*, al entender que la turbulencia atmosférica que produce el aleteo de una mariposa puede desarrollar un huracán.

Esta idea de no menospreciar las pequeñas cantidades se hizo del todo visible cuando Mandelbrot usó los datos extraídos de un estudio de Richardson referentes a las diferencias en la medida de las costas. En 1967, publica un interesante artículo preguntándose cuánto medía la costa de Inglaterra (Mandelbrot, 1967). Para esta tarea se imagina la linea de costa como un objeto fractal, dado que no se podía encontrar una figura euclidiana de bordes suaves que la representase con fidelidad, era un objeto controvertido, dúctil y cambiante. Lo conclusión fue que como para medir la costa hacía falta una regla, cuanto más grande fuera la regla, más pequeñas cantidades iríamos dejando fuera y por lo tanto más reducida sería la medida total, así la respuesta a su planteamiento inicial era que la medida de la costa de Inglaterra dependía del tamaño de la regla con que midiésemos, cuanto más chica más grande sería la medida total. Siguiendo con el desarrollo de estas ideas y experimentando con otros objetos 'patológicos', como el conjunto de Juliá, en 1975 ya tendría preparado un amplio estudio sobre los fractales que tituló *Les Objets Fractals*, y en un segundo trabajo aparecido en 1982 aplicaría esta idea a la observación de la naturaleza publicando *The Fractal Geometry of Nature*. En éstos dos últimos títulos es cuando queda precisada la geometría fractal, y es a partir de éstos cuando podemos hablar con propiedad de la existencia de ésta

Después de haber recorrido este itinerario por la historia de los fractales, vamos a concentrarnos en las características que derivan de una concepción semejante. Lo primero que me gustaría destacar sería la propia idea de objeto fractal. Anteriormente vimos que en el espacio euclidiano se hablaba de figuras, las cuales nacían en un plano ideal y después se comparaban con una forma, es decir, algo que existía en el plano de lo real. Los objetos fractales nacen de la contemplación de los objetos del plano de lo real, hablamos de como el no menospreciar las cantidades ínfimas había influido notablemente en este campo, ésto implica un intento de no reducir la realidad a una red de conceptos ideales que se aplican en forma de tamiz. Se es consciente de que no se puede llegar a una definición exacta del mundo, pero se intuye que si las cosas se contemplan sin reducción se puede llegar a una mejor aproximación. Esta idea nos lleva a la siguiente reflexión: la geometría euclidiana ha sido concebida para observar un mundo de objetos pensados, ideales, perfectos en sus límites; sin embargo, la concepción del espacio fractal hace una aproximación hacia la forma de los objetos ya creados, es decir, invierte el proceso, mira a los objetos del mundo real y después intenta reproducirlos en el plano ideal, con la certeza de que la imagen alcanzada es una aproximación, en vez de suponer que es la definición exacta de lo contemplado.

Lo anterior supone la base de las demás características que resaltaremos. Lo primero que quisiera destacar es la idea de los límites, en el caso de la geometría de Euclides hemos visto que los límites, los bordes de las figuras, eran entendidos de forma suave, dijimos que ésto implicaba considerarlos perfectos, indiscutibles, de ésto se derivaba que, cuando se analiza la forma de la linea de costas y se mide con una regla formando un polígono constituido por líneas euclidianas (longitudes sin anchura) hacemos una proyección mental de lo que debería ser y lo proyectamos en lo que es, pero Mandelbrot contempla este fenómeno y enseña las consecuencias. La concepción de borde rugoso nos lleva a pensar que los límites no se ajustan a una concepción lineal, sino que, sugieren una frontera difusa, imposible de alcanzar con una precisión del ciento por ciento.

El mejor ejemplo de como chocan estas dos visiones de los bordes sería el de la curva de Koch, el problema surge porque en el espacio euclídeo una línea cerrada que forma una figura, como un triángulo o un cuadrado, la que podemos inscribir en un círculo sin que aquélla desborde nunca el área donde la inscribimos. La curva de Koch es un fractal, es decir, se construye repitiendo un proceso de formación indefinidas veces, el resultado es una linea que define un objeto de bordes rugosos que es de longitud infinita, ésto implica que no se puede medir. Me explico[11], para la construcción de esta curva se toma un segmento[12], se lo divide en tres partes iguales, se remplaza la parte central por dos partes de igual longitud haciendo un ángulo de 60 grados, con ésto nos queda un figura con cuatro segmentos, sobre los cuales se vuelve a hacer el mismo proceso, ésto nos deja 16 segmentos, el ciclo se puede prolongar eternamente. Lógicamente, con cada ciclo la longitud de la curva se

agranda, pero sigue siendo una curva cerrada, se podría pensar que basta con llevar a un estado de reposo y medir la longitud, pero el problema surge porque este objeto no tiene estado de reposo, su borde supone un cambio infinito, podemos hacer una fotografía de un instante en su proceso de formación, pero esto no nos revela la verdad de la curva. Si inscribíesemos este objeto dentro de de un circulo, que tiene un área finita, resultaría un fenómeno extraño, pues dentro del círculo finito, se hallaría un objeto de bordes y área infinitos. Por la posición hegemónica del imaginario derivado de la geometría euclidiana esta figura se entendió como una patología, pero lo que pasaba era que en Euclides el espacio está congelado en el tiempo, los límites que se trazan se entienden fijados *ad eternum*, pero el espacio fractal está más pegado a la vida cotidiana, ésto hace que sea dinámico, no perpetuo, por lo tanto, sumido en un eterno ciclo destrucción-construcción.

Derivado del proceso de construcción de los fractales viene nuestra siguiente característica, la autosimilitud. Ésto supone que los objetos fractales, pese a sus bordes rugosos, da igual la escala en la que los veamos pues siempre tienen la misma forma. Ésta característica no se da con igual intensidad en los objetos, por ésto Spaindel nos advierte: '*Si se amplía un poco el concepto, tales objetos pueden ser identificados virtualmente en cualquier parte del mundo natural. La diferencia consiste en que los fractales «naturales» no son exactamente autosemejantes, sino tan sólo al azar, en forma estadística o estocástica. La forma rugosa revelada en una escala guarda únicamente una similitud aproximada con la obtenida en otra escala.*' (Spaindel, 2003: 86). Así en los objetos naturales existirán formas rugosas fractales en un determinado grado de autosimilitud, ejemplificando ésto es bastante interesante el caso de un estudio sobre el crecimiento de una población cuando ésta desbordaba el punto crítico o de acumulación que realizara Robert May.

Al representar gráficamente los parámetros se dio cuenta que superando cierto rango el sistema dejaba de ser lineal y se bifurcaba, al elevar dicho parámetro se vuelve a bifurcar, cuando continuó el ciclo vio que las bifurcaciones se sucedían cada vez más rápido hasta que el sistema devenía caótico representando en el gráfico una nube de puntos. May fue más lejos, y cuando estudió los resultados del gráfico observo que se formaban secuencias de regularidad e irregularidad, mostrando que en el proceso existía una estructura profunda que disponía aquel caos de una manera determinada, existían grados donde la autosimilitud era grande con otros en los que no podía afirmarse tal cosa (Escohotado, 1999: 86).

Lo último que quiero resaltar es el concepto de *atractor extraño*. Atractor se utiliza para definir el punto hacia el que evoluciona el sistema después de un tiempo, por ejemplo, en el caso de un sistema lineal de trayectorias lo sería el punto en el que convergen todas las trayectorias. Pero hemos dicho que la autosimilitud es una característica básica de los fractales, cuando hablamos del experimento de Richardson[13] señalamos que nunca había ni superposición ni cruce de lineas, pero que existía una estructura profunda. Los atractores de la geometría fractal se denominan extraños porque tienen estructura a todas las escalas, lo que hace posible que el diseño del fractal sea autosimilar es la aparición de este atractor extraño. Es diferente al concepto de figura de la geometría euclídea porque no es un figura que de forma a unos planos o a unos segmentos, si no un punto terminal al que se dirige el sistema, pero que nunca alcanza. Esta tendencia que hace surgir el atractor en el sistema es lo que posibilita que sea autosimilar, vemos la fortísima imbricación que se dan en este par de conceptos, podríamos decir que la existencia de uno supone el del otro.

4. Visión fractal en el imaginario político

Aunque ha sido largo el camino hasta llegar al punto central del artículo, veía necesaria esta introducción explicativa. En el segundo apartado, señalábamos la primacía de la matemática en la formación del imaginario, en concreto, nos centrábamos en el imaginario occidental. Dentro de éste, señalábamos el paradigma dibujado por *Los Elementos* de Euclides como la visión dominante, de hecho, dijimos que había sido incontrovertida hasta mediados del siglo XIX, cuando se empiezan a proponer geometrías donde el quinto axioma del espacio euclídeo era negado. Con este dato lo que tratábamos de poner en evidencia era el papel hegemónico que tenía la geometría euclidiana para definir el mundo.

Sin embargo, en todo ésto no hablamos de que consecuencias había tenido para la visión de la realidad esa concepción del espacio, nuestro interés se desplaza al campo de la observación de lo social y lo político, en este sentido, nos interesan dos vertientes. La primera, como en la representación del mundo que surge de la mayoría de las instituciones políticas en nuestras actuales democracias, podríamos ver las principales características que repasamos del modelo del espacio euclidiano y como la geometría fractal nos podría dar metáforas no tan reduccionistas y más inclusivas. La segunda de las vertientes, sería utilizar las metáforas que sacamos de las propiedades de los objetos fractales en la contemplación de fenómenos socio-políticos. No vamos a aportar nada radicalmente diferente, es seguir un poco la senda que vio Edgar Morín del retorno de la complejidad a las ciencias (Morin, 2007: 32-33), así, intentamos ver que nos aportarían las metáforas de un geometría que es consciente de esa complejidad (Geometría fractal) y otra que tiende a simplificarla (Geometría de Euclides).

Hemos visto anteriormente como la geometría de Euclides tomaba una posición prevalente en la representación del mundo en nuestra área geopolítca. Ésto va a implicar que el pensamiento político-social acomode su imaginación al espacio euclídeo, cuando construye el mundo se refiere a las metáforas que derivan de esta concepción geométrica. Nos fijaremos en tres puntos para ver la incidencia de el espacio euclídeo en el discurso oficial de nuestras instituciones políticas y como podemos utilizar las metáforas del espacio fractal que hemos definido para proponer alternativas.

Primero, de manera general podemos ver como la principal característica que resaltamos de la geometría de Euclides, recordamos: parte de una abstracción absoluta, se traspasa con fuerza a la representación de la sociedad en la que se basan las políticas, las acciones y el conocimiento de las instituciones. En efecto, a veces parece que la imagen de sociedad responde a una figura definida en un espacio ideal. Me refiero a ésto cuando se habla, a nivel de discusión política, de que tal o cuál carácter define la sociedad española, andaluza o sevillana; o cuando el Gobierno decide adoptar medidas como el *cheque bebe* para impulsar la natalidad. Si lo entendemos en el sentido del espacio euclidiano, parece que el Gobierno entiende la sociedad como la geometría de Euclides entiende el área de un cuadrado, es decir, se identifica que existe un déficit en la natalidad, para compensarlo se mira el *área social* y se marca como principal necesidad la económica. En un espacio lineal como el euclídeo la solución es fácil, hay que impulsar la natalidad a través de una estimulación económica, es decir, la solución parte de la idea de que la sociedad tiene una superficie continua, definida, como la que es posible ver en las figuras euclidianas. Cuando se calcula el área de una mesa con la fórmula de base por altura (la mesa es de planta rectangular) y se dice que el área mide tanto, implica abstraerse de la realidad y dejar de ver la mesa como un objeto tridimensional hecho de madera. En la realidad la superficie de la mesa no define un plano perfecto, habrá pequeños valles y cimas, los ángulos no serán de noventa grados exactos, con el estado de la técnica es imposible conseguir este grado de perfección. Además para hacer posible este cálculo, y que definiese el objeto con precisión absoluta, haría falta un instrumento de medida que nos diera un resultado perfecto, y ya señalamos que esto es una quimera. Esta clase de configuración del mundo no solo es propia de las instituciones, podemos verla también el producción académica, el ejemplo que más claro adolece de esta visión sería el de Samuel Huntington y su *Choque de las Civilizaciones*, en el texto define las civilizaciones como la más alta agrupación de pueblos y que los problemas futuros vendrán por las fallas culturales que las separan (Huntington, 1996: 30). Parece que define civilización como polígonos de bordes suaves que chocan los unos contra los otros, entendiendo que estos polígonos tiene un área plana, es decir, un todo indiferenciado.

Si esta representación la trazásemos con metáforas fractales introduciríamos parte de la complejidad y totalidad del mundo real en nuestro pensamiento como aconsejaba Morin (Morin, 2007: 109-110). Si entendiésemos esa esa figura como un fractal veríamos que el área no es plana, no todas las familias deciden no tener hijos por lo económico, y tampoco en todas las familias repercute igual el estimulo dado por el cheque. En vez de entender el todo social como algo plano y calcular el área como la del rectángulo, tendríamos que ser conscientes de que lo único que podemos hacer es dar una aproximación basada en la rugosidad del objeto, en los valles y las cimas en las que se tuerce el 'plano'. Así, veríamos como en las civilizaciones hay una gran cantidad de cruces trasversales que unen grupos trasnacionales de distintas civilizaciones, como las antiguas Internacionales Obreras, o disensiones que surgen en su seno, como el conflicto de Irlanda. De esta manera, la imaginación fractal propone salir del plano ideal euclídeo para intentar enfrentarnos con lo real, la geometría y la imaginación de Euclides produce figuras abstractas perfectas, uniformes, como la mecánica newtoniana, que invisibilizan la complejidad de la realidad.

Segundo, traído de la mano por esta crítica a la abstracción está el concepto de límite. Fijamos como una de las principales características del espacio euclidiano los bordes suaves, continuos, ahora intentaremos ver que clase de implicaciones tiene con respecto a nuestro campo. Antes hemos puestos ejemplos que nos servirían para esta cuestión, como el de Huntington, pero ya que nos hemos aproximado me gustaría centrarme en el proceso de construcción de este borde suave. Realmente cuando nos imaginamos un objeto real con un borde suave lo hacemos abstrayendo las pequeñas cantidades, es una normalización practicada por la mente que consigue dibujar este borde. Esta manera de trazar el contorno es a la que responde el planteamiento de Huntington o el proceso con el que se mide la costa que estudiaba Mandelbrot. En los dibujos macro sobre las cuestiones políticas hay una elevada tendencia a hacer ésto, sobretodo en el diseño de políticas. Cuando el Gobierno Brasileño propone la construcción de la mega-presa en el territorio amazónico y calcula el beneficio que supondrá para el país, lo hace menospreciando a los pequeños grupos étnicos que se verán obligados a moverse obligatoriamente porque su territorio quedará anegado con la obra. El problema de este planteamiento, además de la falta de respeto por la diversidad cultural, es que como vimos con el atractor de Richardson, las pequeñas variaciones en las condiciones iniciales pueden suponer grandes variaciones en las finales. Por ejemplo, si observamos la historia de los EEUU podemos ver como en la construcción del Estado se deja sistemáticamente fuera a las minorías, que no poseían los mecanismos de poder suficientes. El desprecio de esas cantidades mínimas era necesario para la construcción de un estado que quería verse como un todo uniforme, pese a su fractura ideológica norte-sur. El problema fue creciendo durante el avance del proceso histórico y en la década de los 60 del siglo pasado esas cantidades mínimas estallaron en revueltas sociales, en las que las partes minorizadas de la población sacudieron la estructura del país, hasta tal punto que se generó el Partido Pantera Negra, constituido por la minoría negra como contra-poder al Gobierno de los EEUU (Abu-Jamal, 2007: 160-161). Así esta idea nos recomendaría buscar soluciones que se adaptaran a ese intento por no menospreciar la rugosidad de los bordes. Cuando unos presupuestos conceden equipamiento urbano siguiendo unos criterios de representatividad que presentan un molde ideal de realidad que resta, que simplifica la complejidad social, los podríamos identificar como construidos siguiendo esta metáfora del espacio de Euclides.Pero si vemos la idea de los presupuestos participativos observamos que si hay un intento por adaptar la política a la forma de la rugosidad social, intentando hacer menos generalizaciones y aplicando soluciones menos generalistas que sean capaces de amoldarse a las irregularidades que existen de facto en el ideal plano euclídeo.

Tercero, resaltamos como última característica de las figuras del espacio euclidiano la posibilidad de repetición perfecta. Como consecuencia de los dos puntos anteriores, en la imaginación política-social actual ésta es una idea muy presente. Por ejemplo, ante la actual crisis una de las medidas adoptadas por el Gobierno Español la podemos ver en el Real Decreto-Ley 8/2010 de medidas de ajuste, en el que la supuesta adopción del *modelo alemán* de empleo es la solución al estado del mercado laboral. Creo que aquí se ve de manera bastante clara como la idea de coger una figura y poder dibujarla a otra escala sin que se pierdan sus propiedades, parece ser a lo que responde esta obsesión de la importación de los modelos. Sin embargo, no es algo que solo se lo achaquemos al actual Gobierno de España, la idea de esta repetición perfecta del espacio euclidiano es una de las bases del actual proyecto de globalización. La constante homogenización de los espacios, los tiempos, las formas, los saberes…etc., que implica el sistema de producción globalizado, se centra en esa posibilidad que se funda en la geometría de Euclides. Cuando hablamos de los objetos fractales la cosa sería diferente, al no poder hablar de figuras fijas, el imaginario fractal traería dos consecuencias, primera, en cuanto al espacio, los fractales se asientan en un espacio dinámico y cambiante, donde el tiempo está incluido en el propio objeto, de esta manera, no podríamos ver una 'adaptación del modelo alemán' ni tampoco una importación, porque no se asentarían sobre la misma configuración contextual. Segunda, si bien los objetos fractales no aceptan un diseño rígido como el de las figuras euclídeas, ésto no quiere decir que no exista una pauta que nos permita identificarlos, en éste caso sería el atractor extraño. De éste modo, la metáfora del atractor propondría que se estudiasen las condiciones de como el mercado laboral alemán ha aguantado mejor la crisis y cuales han sido los procesos y las sinergias que lo han posibilitado. Lo que se tendría que buscar no es el modelo (entendido como la idea de la figura) si no buscar las condiciones para que se dé un atractor similar al de Alemania.

Se propone, que en estas visiones no se busque la adaptación de un modelo como quién importa el *nowhow* de un sistema franquiciado, es decir, basándose en esa idea de repetición perfecta. La existencia ese supuesto atractor extraño nos dice que es posible concebir puntos de apoyo, ya dijimos, que pese a que los fractales son figuras en perpetuo cambio existe esa propiedad de autosimilitud que permite una especie de ordenación de lo caótico. Esto lo podríamos trasladar a nuestras representaciones en gráficos que dividen áreas perfectamente definidas que simplifican la complejidad de los datos. También nos podría servir a la hora de intentar establecer patrones, tipos ideales, …etc., la imagen del atractor extraño parece menos encorsetada, menos rígida, que la del patrón ideal weberiano, es más abierta a cambios, aunque proporciona un asidero.

En conclusión, esto ha sido un intento de considerar diferentes metáforas en la contemplación de la realidad, para intentar agrandar la perspectiva desde la que hablamos, siendo conscientes de que se propone una aproximación, lo más certera posible, pero no la definición exacta, pues no es alcanzable.

Bibliografía

Abu-Jamal, M. (2007): *Queremos Libertad. Una vida en los Panteras Negras*, Virus Editorial, Barcelona.

Alexándrov, P. S. (2008): *¿Qué es la geometría no euclídea?*, Moscú, URSS.

Britannica Encyclopaedia, Inc. (1994): *The New encyclopaedia Britannica*, Chicago, Britannica Encyclopaedia, Inc.

Comte, A. (1980): *Discurso sobre el espíritu positivo*, Madrid, Alianza, D.L.

Descartes, R. (2006): *Discurso del método*, Madrid, Tecnos.

Escohotado, A. (1999): *Caos y orden*, Madrid, Espasa Calpe S.A.

Euclides. (1991): *Los Elementos*, vol. I, Madrid, Gredos D. L.

Frith, F. W. (1991): «Chaos: Predicting The Unpredictable» en *British Medical Journal*, Vol. 303, No. 6817, pp. 1565-1568, BMJ Publishing Group.

Huntington, S. P. (1996): *El choque de civilizaciones y la reconfiguración del orden mundial*, Barcelona, Paidós.

Ibañez, J. (1993): «El centro del caos» en *Archipiélago. Cuadernos de crítica de la cultura,* Nº 13, pp. 14-26, Barcelona, Editorial Archipiélago.

Lizcano, E. (2006): *Metaforas que nos piensan*, Madrid, Traficantes de Sueños.

Mandelbrot, B. (1967): «How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractional dimension» en *Science*, Nº 156, pp. 636-638, AAAS.

Mandelbrot, B. (2006): *Fractales y finanzas : una aproximación matemática a los mercados: arriesgar, perder y ganar*, Barcelona, Tusquets Editores.

Morin, E. (2007): *Introducción al pensamiento complejo*, Barcelona, Gedisa.

Mosco, V. (2009): *The political economy of comunication*, Londres, SAGE Publications Ltd.

Plutarco. (1984): *Moralia*, vol. IV,, Madrid, Gredos, D.L.

R.A.E. (2001): *Diccionario de la lengua española*, Madrid, Espas-Calpe S.A.

Spaindel, W. (2003): «Geometría fractal y geometría euclidiana» en *Revista de educación y pedagogía*, Vol. XV, Nº 35, pp. 85-91, Medellín, Universidad de Antioquia, Facultad de Educación.

Strangers, I. (1993): «Tortugas hasta abajo ...» en *Archipiélago. Cuadernos de crítica de la cultura,* Nº 13, pp. 39-55, Barcelona, Editorial Archipiélago.

Notas

[1]‘*Los fractales son diferentes de la figuras simples de la geometría clásica o euclidiana*

–el cuadrado, el círculo, la esfera y demás. Son capaces de describir muchas formas de objetos irregulares o fenómenos espaciales no uniformes en la naturaleza, tales como la línea de costa o las cordilleras’ (nt: Traducción del autor)

[2] ‘Postulado 5. Si una recta secante corta a dos rectas formando a un lado ángulos interiores, la suma de los cuales sea menor que dos ángulos rectos; las dos rectas, suficientemente alargadas se cortarán en el mismo lado’ (Euclides, 1991: 189).

[3] Me estoy refiriendo a la lucha entre las dos posiciones que se ven en las dos obras capitales del autor. Si en el Tractatus define una forma de analizar el lenguaje basada en una suerte de análisis lógico de las proposiciones dentro de un sistema de lengua cerrado, donde podemos hacer un análisis que nos muestre el significado profundo, incotrovertido. En las Investigaciones se pone en el extremo opuesto y lleva el estudio de la lengua a la realidad cotidiana negando cualquier la posibilidad anterior, en esta etapa subsume los significados en los juegos del lenguaje que se dan en la formación y el uso de los discursos en la vida cotidiana. Así, la ciencia pasaría a ser un discurso que solo tiene sentido si observamos los juegos del lenguaje en los que se le da forma, negando la posibilidad de explicaciones con validez universal.

[4] ‘Así como los físicos y los astrónomos habían identificado la armonía esencial del mundo físico, el economista localizaría y describiría las cualidades de las unidades económicas y sus relaciones que mantienen el equilibrio en el mundo de las mercancías’. (nt: Traducción del autor)

[5] Al referirnos a demonios físicos nos estamos refiriendo a un seres supra-humanos, pero no supra-naturales. Es decir, un ser que tiene más capacidades que los humanos, pero que no desafían las leyes de la física. Son creaciones que sirven para ejemplificar teorías.

[6] ‘Dejando aparte la implicación para el libre albedrío, la afirmación [la del demonio de Laplace] es una impecable consecuencia matemática de la mecánica newtoniana’ (nt: Traducción del autor).

[7] Me estoy refiriendo al ensayo ‘Caos y Orden’ (incluido en la bibliografía).

[8] ‘El grafeno es una estructura laminar plana, de un átomo de grosor, compuesta por átomos de carbono densamente empaquetados en una red cristalina en forma de panal de abeja mediante enlaces covalentes

que se formarían a partir de la superposición de los híbridos sp^2 de los carbonos enlazados’. Ver: <http://es.wikipedia.org/wiki/Grafeno>.

[9] El conjunto de Cantor es un subconjunto fractal. Se construye tomando un segmento y dividiéndolo en tres partes iguales se representan debajo de éste segmento las dos partes de los extremos, quedando sin representar la del centro. Cuando este ciclo se repite muchas veces obtenemos el conjunto de Cantor. Para una mejor comprensión de ésto Escochotado, 1999: 95– 97 o mirar esta dirección: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/Conjunto_de_Cantor.png>.

[10] Ver imagen en Escochotado, 1999: 95–97 o en una web de internet: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/44/TwoLorenzOrbits.jpg>.

[11] Para comprender mejor el proceso de formación de la curva de Koch y otros fractales similares recomiendo usar la aplicación referida en esta dirección de internet: <http://www.dma.fi.upm.es/java/geometriafractal/clasicos-I/app_koch.html>.

[12] El proceso para formar una curva cerrado sería partir de un triángulo equilátero, pero he preferido explicarlo con un solo segmento porque resultaba más sencilla la exposición de la idea.

[13] Una idea que da la importancia que tiene el concepto de atractor es que al resultado del experimento de de Lewis F. Richardson se le llama el Atractor de Richardson.