
Benoit Mandelbrot (1924-2010), el padre de la geometría fractal

Javier Barrallo Calonge
Departamento de Matemática Aplicada
Universidad del País Vasco
e-mail: javier.barrallo@ehu.es

Resumen

El 14 de octubre de 2010 falleció Benoit Mandelbrot, a los 85 años. En el presente artículo se rinde un emotivo homenaje a este científico notable, repasando sus grandes descubrimientos y su figura carismática y vital.

Benoit Mandelbrot nació el 20 de noviembre de 1924 en Varsovia, Polonia, en el seno de una familia de clase media de origen judío-lituano. Su padre era vendedor de ropa y su madre doctora, pero en su familia siempre existió una gran tradición académica. En 1936 la familia Mandelbrot emigró a París, donde el tío de Benoit, Szolem Mandelbrot, era profesor de matemáticas en el Collège de France. El joven Benoit nunca fue un buen estudiante, pero tenía gran capacidad de autoaprendizaje y una enorme habilidad para visualizar las matemáticas a través de la geometría.

Una vez acabada la segunda guerra mundial logró entrar en la prestigiosa École Polytechnique de París. Tras finalizar sus estudios se desplazó a Estados Unidos y en 1958 fue contratado por el laboratorio Yorktown Heights, perteneciente a IBM, en Nueva York. Su nuevo puesto le permitió gozar de gran libertad para orientar sus investigaciones. Su perfil se convirtió en el de un científico multidisciplinar, dominando áreas tan diversas como la economía, ingeniería, fisiología, geografía, astronomía, física e historia de la ciencia. Sus investigaciones se volvieron más eclécticas y propiciaron que en estos años surgieran las primeras intuiciones de lo que acabaría siendo la geometría fractal.

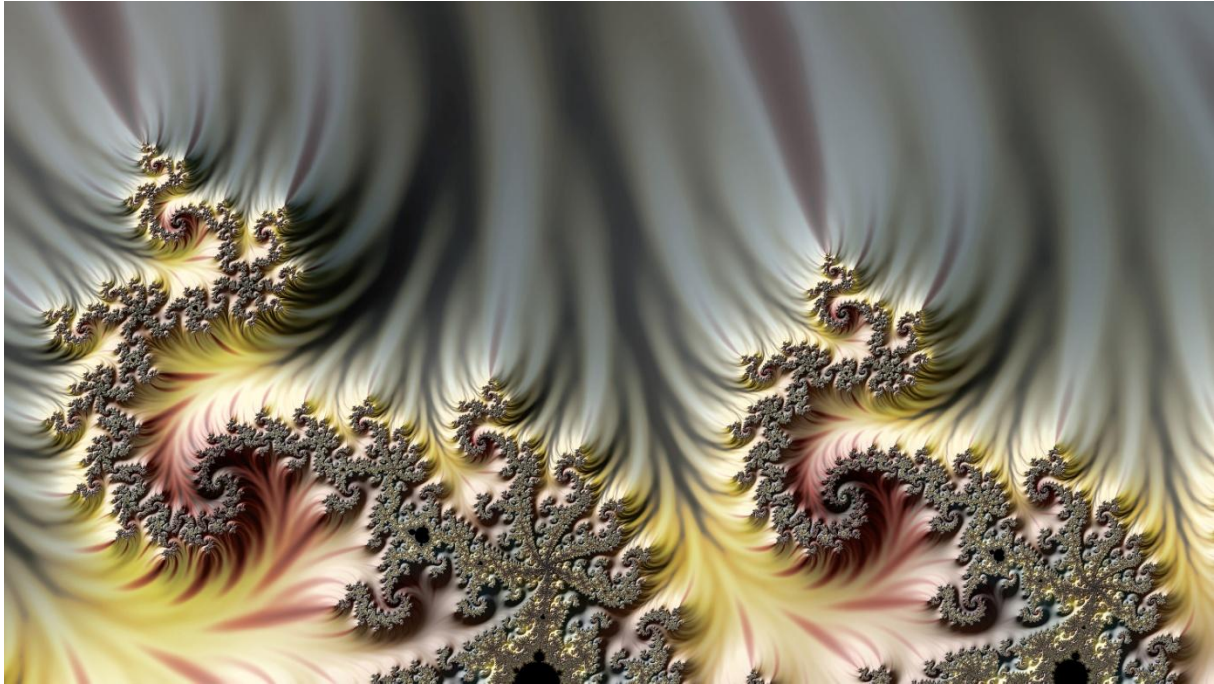
Su artículo *¿Cuánto mide la costa de Gran Bretaña?*, publicado en *Science* en 1967, mostró el interés de Benoit Mandelbrot por lo rugoso en contraposición a las formas lisas estudiadas por la geometría euclídea. Su libro *Los objetos fractales*, publicado en 1977 y, sobre todo, *La geometría fractal de la Naturaleza*, publicado en 1982, constituyen sus obras maestras.

Su muerte se produjo el 14 de octubre de 2010, tras serle diagnosticado unos meses antes un cáncer de páncreas. Murió plácidamente mientras dormía, con su mujer Aliette junto a él.

Con Benoit Mandelbrot se nos ha ido uno de los grandes científicos visionarios, no sólo del siglo XX sino de toda la historia de la ciencia. Su revolucionaria interpretación del mundo le sitúa a la altura de genios como Arquímedes, Kepler, Galileo, Newton o Einstein. Genios que, armados únicamente con una imaginación privilegiada, pudieron descubrir lo que nadie había percibido con anterioridad.

Su principal obra recibió un nombre extraordinariamente bello, icónico y evocador: *fractal*. Un vocablo que ha sobrepasado la jerga científica y que hoy en día forma parte del lenguaje ordinario en numerosos idiomas. Incluso está recogido en el elitista diccionario de la Real Academia Española de la Lengua, reacia a incluir términos de nueva creación.

Benoit Mandelbrot no sólo nos ha dejado su obra escrita, sino que además ha destacado como docente, divulgador, maestro e inspirador de otros científicos. Pero, sobre todo, ha sabido acercarse y transmitir su obra al gran público. Probablemente es el único gran matemático del siglo XX que ha logrado contactar con el ciudadano medio y transmitir sus descubrimientos fuera de los canales habituales de divulgación científica como revistas, seminarios o congresos. Hoy, medio planeta conoce el término "fractal", pero también es capaz de reconocer sus formas en la naturaleza, e identificarlos en pósteres, discos y camisetas.



Arte fractal: *Volcano* [Javier Barrallo].

Sorprendentemente, esta faceta populista parece irritar a algunos matemáticos. Recuerdo haber esperado a Benoit Mandelbrot más de 40 minutos mientras firmaba pacientemente autógrafos y se fotografiaba con sus admiradores tras una conferencia en Madrid. Algo propio de un cantante de rock o de una estrella de Hollywood. De hecho, es un caso único de afecto popular hacia un científico. Y las claves de la admiración hay que buscarlas no sólo en su enorme carisma, sino en la facilidad con la que ilustró y divulgó sus teorías y conjeturas, alejándose cuanto le era posible de una jerga matemática innecesaria.

En una sociedad cada vez más tecnológica, que pide con insistencia interdisciplinariedad y transferencia de conocimiento, Benoit Mandelbrot se aferró a una divulgación asequible al gran público y constituye un perfecto ejemplo de cuál debe ser la función de la matemática aplicada. Realmente, más que un matemático, Benoit Mandelbrot fue un científico con mayúsculas, cuya visión global del mundo de la ciencia le permitió tejer una preciosa tela de araña que unía la matemática con la física, la biología, la economía, la ingeniería, la fisiología... materias en las que fue un verdadero erudito y en las impartió docencia en prestigiosas universidades.

Cuando se observan los premios que ha recibido Benoit Mandelbrot a lo largo de su dilatada carrera destaca la enorme cantidad de campos y áreas científicas en las que ha sido homenajeado. En su última visita a Bilbao me contaba, entre fascinado y divertido, que una universidad italiana le había concedido un doctorado en Medicina y Cirugía. Incluso él mismo se sorprendía de cómo, con el paso del tiempo, la geometría fractal pudiera ser un vínculo común para disciplinas tan diferentes.

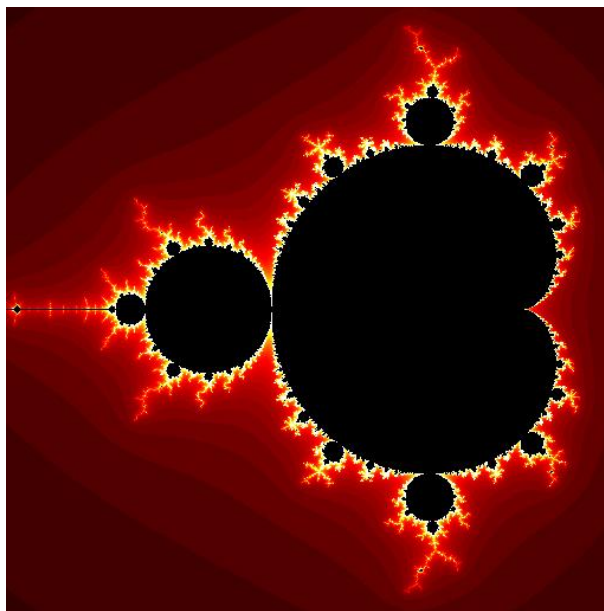
Pero Benoit Mandelbrot no solo tenía una amplia formación científica; también deslumbraba con su formación humanística y artística. Recuerdo que mientras paseábamos una hermosa mañana de otoño en San Sebastián, Benoit Mandelbrot observó una escultura situada sobre las rocas del mar.

Se trataba de *El peine del viento*, de Eduardo Chillida. Inmediatamente reconoció al autor de la escultura, pero también me comentó que a pocos kilómetros de allí, en Loyola, había nacido San Ignacio, fundador de los jesuitas, y que en el cercano puerto de Guetaria nació en el siglo XV Juan Sebastián Elcano, la primera persona en completar la vuelta al mundo. Una cultura inaudita para un ciudadano extranjero.

Desde joven, Benoit Mandelbrot fue un matemático atípico. Se alejó de la escuela de Bourbaki, omnipresente en la Francia de postguerra y a la que perteneció su tío Stzolen Mandelbrot. Buscó solución a los problemas de la época basándose en la geometría, en lugar de sumergirse en el formalismo predominante. Gracias a su peculiar forma de entender la matemática, somos muchos los investigadores y docentes que entendemos la matemática de una forma intuitiva y visual, en oposición a la matemática abstracta. Gracias a Benoit Mandelbrot, las matemáticas recuperaron entre muchos jóvenes parte de un atractivo perdido.

Su gran descubrimiento, la geometría fractal, era la pieza del puzle que faltaba para completar el mapa de la matemática del siglo XX. Hasta entonces no parecía de mucha utilidad una geometría incapaz de modelar un árbol, una nube o nuestro propio organismo. Pero a partir de los descubrimientos de Benoit Mandelbrot se completó el mapa de la geometría que comenzó a trazarse en la Grecia de hace dos mil años. Gracias a la geometría fractal todo parece cobrar sentido y resulta increíblemente lógico. Así, la geometría, una de las ramas de la matemática más infravaloradas en el siglo XX, se encuentra en la actualidad, gracias a Mandelbrot, en un fantástico *revival* de popularidad.

La geometría fractal también fue generosa con su descubridor. Una curiosa combinación entre perseverancia, intuición y suerte permitió descubrir a Benoit Mandelbrot la genial fórmula del conjunto que lleva su nombre. De hecho, para muchos, es la aportación más brillante de su carrera. Pero permítanme discrepar. No cabe duda de la enorme importancia del conjunto de Mandelbrot, no sólo por su increíble belleza, su complejidad y por servir como banco de pruebas para la iteración de funciones polinómicas de variable compleja. Pero tampoco olvidemos que la misma fórmula ya fue estudiada por Gaston Julia y que Benoit Mandelbrot tuvo una importante ayuda de sus programadores en sus años de IBM, tal vez no suficientemente reconocida.



Conjunto de Mandelbrot [Wikipedia].

Sin duda, la intuición y los trabajos de Benoit Mandelbrot adelantaron diez o veinte años el estudio de este tipo de funciones. Pero el análisis de las funciones cuadráticas en variable compleja estaba en el cuaderno de ruta de la matemática desde los años 20. Y probablemente, de no haber sido descubierto por Benoit Mandelbrot, otro científico lo habría descubierto sin mucha más dilación.

La mente brillante de Mandelbrot supo no sólo descubrir el conjunto que lleva su nombre y convertirlo en el icono de su nueva geometría, sino además relacionarlo con su fantástica teoría de la rugosidad. El poder determinar que los procesos que generan el conjunto de Mandelbrot son los mismos que rigen el crecimiento de un coral en el Pacífico, la formación de una nube sobre París o las fluctuaciones de la Bolsa de Tokio, es de una clarividencia que sólo los grandes visionarios de la ciencia han poseído.



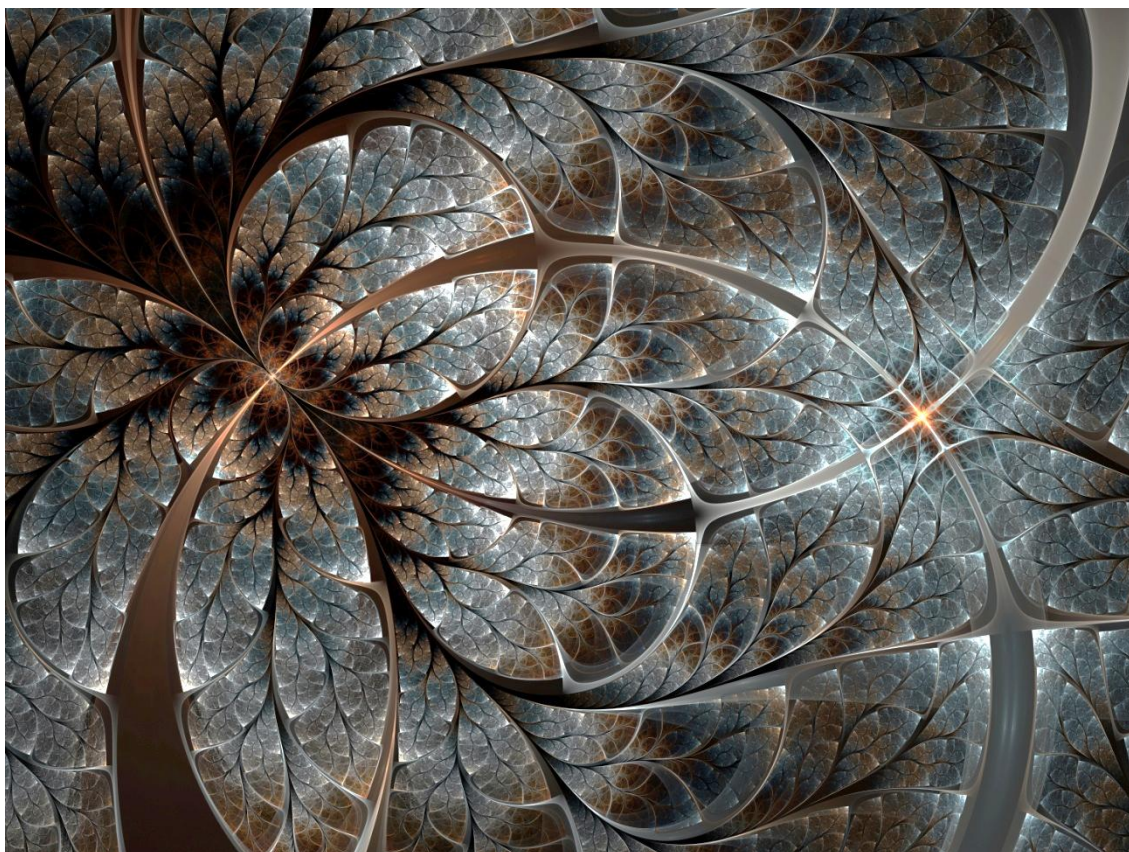
Arte fractal: *Shockwave* [Corey Ench].

Demos, pues, gracias a que fuera Mandelbrot el descubridor de esta maravillosa joya de la matemática, sin duda la más hermosa que jamás se haya desvelado, y que el conjunto de Mandelbrot forme parte de una de las aventuras más emocionantes de la matemática: la geometría fractal. De no haber sido así, probablemente hubiera acabado publicado en una revista de programación gráfica, sin una ubicación precisa en la ciencia, sin un antes y sin un después, al igual que ocurrió con la curva de Koch, el triángulo de Sierpinski o tantas otras maravillosas joyas extraviadas hasta que Benoit Mandelbrot les dio sentido y ubicación dentro de su geometría fractal.

Benoit Mandelbrot logró con su juguete, los fractales, explicar la geometría de la Naturaleza, al igual que Johannes Kepler logró con su juguete, la elipse, explicar el sistema solar. En cierta ocasión me explicaba Benoit con su habitual modestia y sentido del humor: *“No sólo hay que construir el juguete, sino que además hay que saber jugar con él”*.

Sorprendentemente, las matemáticas no han sido siempre justas con Benoit Mandelbrot. Si examinamos la extensa lista de premios y galardones con las que ha sido distinguido, podemos comprobar que sólo una pequeña parte pertenece a sociedades u organizaciones matemáticas. Es ciertamente extraño, siendo uno de los más grandes y populares matemáticos del siglo XX. Pero es que Benoit Mandelbrot, siempre fiel a sus principios, ha sido considerado como un *outsider* en el mundo de la matemática y su máximo reconocimiento ha venido desde otras disciplinas que han podido acceder a una geometría fractal, sencilla, multidisciplinar y con aplicación inmediata en otras áreas del conocimiento. Puede decirse que la forma directa que tenía de entender y divulgar la geometría le ha servido para llegar al gran público, pero también para ganarse la desconfianza de muchos compañeros de profesión.

Mi primer contacto con Benoit Mandelbrot se produjo al invitarle a presidir el concurso internacional de arte fractal que llevaría su nombre. Desde que aceptó la presidencia honorífica colaboró con una intensidad encomiable. Inauguró exposiciones, escribió prefacios y se tomó la molestia de firmar largas pilas de catálogos para los participantes. Pese a su dedicación al concurso, no llegó a tomar parte de las votaciones, ni a mostrar nunca preferencia por trabajo alguno. Se limitaba a buscar en cada imagen un motivo de elogio y ánimo hacia los participantes, probablemente sabedor de la influencia que podían tener sus decisiones personales sobre el jurado.



Arte fractal: *Crystaline* [Iwona Fido].

Cuando visitamos la primera exposición del concurso, Benoit Mandelbrot quedó gratamente sorprendido al ver una larga fila de personas ante la Sala de Exposiciones Conde Duque, una de las más importantes de Madrid. El público la había abarrotado y durante varios días fue necesaria una espera para poder acceder al recinto. *“Siempre he sido un absoluto optimista, pero jamás pensé llegar a ver una larga fila de gente esperando para poder disfrutar de las matemáticas”*, comentaba esa noche.

Benoit Mandelbrot presidió antes de su muerte tres ediciones del concurso que lleva su nombre. En cada edición se seleccionaron 25 cuadros. En la tercera edición los 25 ganadores pertenecían a 17 nacionalidades diferentes, y los cuadros se expusieron en tres exposiciones en Bilbao (España), Buenos Aires (Argentina) y Hyderabad (India), lo que muestra el alto nivel de expansión internacional del concurso. Los organizadores y el jurado, de acuerdo con las indicaciones de Benoit Mandelbrot, orientamos nuestro esfuerzo a descubrir nuevas formas de expresión en el arte fractal. Así, se ven reducidos los clásicos filamentos y espirales en favor de una estética de vanguardia más próxima al arte contemporáneo que a las estructuras fractales clásicas. No todo el mundo elogió este esfuerzo. Al observar la última exposición del concurso, Benoit Mandelbrot me dijo: *“Muchos preferirán las imágenes antiguas, pero comparadas con estas, parecen antiguallas”*. Siempre transmitió la importancia de avanzar: *“La sociedad es reacia a los cambios, pero en ocasiones hay que ayudarle a dar ese salto”*.

El Concurso Internacional de Arte Fractal también le sirvió a Benoit Mandelbrot para participar por primera vez en el ICM (International Congress of Mathematicians). Entró por la puerta de atrás, como director honorífico del concurso-exposición de arte fractal que se exhibiría en el espacio del congreso. Pero cuando se confirmó su presencia, se levantó una inesperada expectación, muy por encima de cualquier otro conferenciante invitado. La organización pronto intuyó que podría tener una audiencia de miles de personas y se le ubicó un espacio preferente en el programa, pese a la reticencia de algunos famosos matemáticos.



Arte fractal: *La fiesta de los abanicos* [Nada Kringels].

Así pues, Benoit Mandelbrot tuvo a su cargo la conferencia de clausura del ICM 2006 ante varios miles de personas que llenaban el salón principal. En su discurso felicitó a Wendelin Werner por recibir una de las Medallas Fields de aquella edición y muy especialmente por recibirla por la demostración de una conjetura suya. De hecho, dijo con cierto sarcasmo: *“Es la tercera Medalla Fields que se concede por demostrar una de mis conjeturas”*. De esa forma, el viejo león dejó constancia de la importancia de su obra ante una de las instituciones que más había ignorado su aportación a las matemáticas.

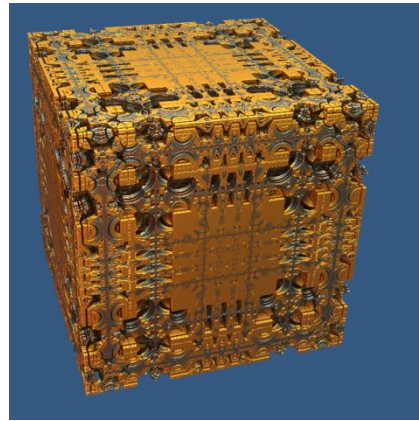
Para algunos esta anécdota puede presentar a un hombre orgulloso, pero en absoluto es así. Como ejemplo me basta recordar que esa misma noche renunció a una prestigiosa cena con algunos de los mejores matemáticos del mundo para unirse a mi grupo de jóvenes colaboradores, que teníamos previsto tomar unas cervezas y tapas en la bulliciosa plaza de Santa Ana. *“¿Sería posible unirnos a vosotros?”*, preguntó. Aquella noche bebimos, reímos, brindamos, pero, sobre todo, escuchamos a Benoit Mandelbrot relatar fantásticas anécdotas e historias de su vida, de la ciencia, de la historia, del arte... Fue un momento inolvidable, que nos descubre a un personaje mucho más cercano y entrañable de lo que podría imaginarse.

Recuerdo también la satisfacción de su esposa Aliette, que me comentaba lo importante que era para Benoit haber podido disfrutar en vida de ese reconocimiento. Y es que, mirando hacia el pasado, son muy pocos los matemáticos que en vida disfrutaron de la fama de Benoit Mandelbrot. Recuerdo gente saludándole mientras paseábamos por Bilbao, o acercándose a nuestra mesa para felicitarle mientras comíamos en Salamanca. Algo que ocurre con artistas mediáticos, pero casi nunca con científicos. Benoit Mandelbrot dejó su obra prácticamente cerrada, salvo unas memorias que no pudo terminar, pese a ser su objetivo durante sus últimos meses de vida. Es, quizá, su único trabajo inacabado, pero que sus allegados se han encargado de finalizar siguiendo las instrucciones que dejó en vida.

Mis últimas conversaciones con Benoit Mandelbrot trataron sobre los conjuntos de Mandelbrot en 3D, los llamados *Mandelbulb*. Estos conjuntos tienen una serie de irregularidades algebraicas debido a la toma de decisiones cuestionables a la hora de desarrollar la fórmula en la tercera dimensión, que desde un punto de vista matemáticamente estricto no es viable. Sin embargo, el aspecto visual de los conjuntos es realmente espectacular. Benoit Mandelbrot nunca quiso entrar a cuestionar el *Mandelbulb* ni debatir sobre otras propuestas mediante cuaterniones que le planteamos. Visto ahora con la perspectiva adecuada, pienso que él entendía que esa tarea pertenecía a otra generación. Y sin dejar de admirar y ensalzar los magníficos gráficos y animaciones de los *Mandelbulbs*, *Mandelboxes* y otros experimentos gráficos, nunca se pronunció sobre ellos. Su ciclo ya estaba cerrado y una nueva etapa se abría en la que él era consciente que ya no intervendría.



Mandelbulb [Javier Barrallo].



Mandelbox [Wikipedia].

Cuando hoy hablamos de fractales todo nos resulta increíblemente lógico, y nos parece incomprendible cómo no pudimos ver una teoría que ahora nos parece tan obvia, y que incluso los niños descubren con enorme sencillez. La clarividencia de Benoit Mandelbrot será recordada para siempre en los anales de la ciencia, y estoy seguro que el paso del tiempo lo elevará a la altura de los más grandes visionarios de ésta y como el último indomable espíritu renacentista.



La gran ola de Kanagawa frente al Monte Fuji [Wikipedia].

Benoit Mandelbrot (1924-2010), el padre de la geometría fractal

J. Barrallo Calonge

Para corroborarlo, Benoit Mandelbrot aún tuvo otra visión formidable. Logró mediante los fractales reforzar la relación entre arte y matemáticas, que desde el descubrimiento de la proporción áurea en la Grecia clásica apenas se había desarrollado. Eugene Delacroix, me contaba Benoit, enseñaba a sus alumnos que para pintar un árbol hay que pintar dentro otro árbol más pequeño, y dentro otro y otro... Más tarde refrendaba su teoría mediante el precioso grabado de *La gran ola de Kanagawa frente al Monte Fuji* del pintor japonés Katsushika Hokusai, que muestra con extraordinaria sensibilidad una ola de estructura fractal. Era fascinante escuchar a Benoit. Podía hablar del estilo de Hokusai e inmediatamente, para ilustrar el carácter japonés, podía contar una anécdota suya durante una cena con la Emperatriz de Japón.



Alette y Benoit en *El peine del viento* (San Sebastián) [Javier Barrallo].

Y para demostrar su capacidad interdisciplinar, recuerdo que Benoit me regaló un ejemplar dedicado de su libro *The (mis)behaviour of markets: A fractal view of risk, ruin and reward*. Cuando lo leí, me pareció tremendamente apocalíptico. Comenté a mi colegas que no terminaba de entender por qué dedicaba tanto esfuerzo al campo de la economía, en el que me parecía no destacaba en exceso. Incluso me recordó a los años que Gauss desperdició midiendo el campo magnético de la tierra, una tarea importante, pero que durante muchos años condenó a la mediocridad a una de las mentes más brillantes de la matemática. Sin embargo, el colapso del sistema bancario en 2008 me demostró, una vez más, la genial intuición de Benoit Mandelbrot, quien en su libro ya avisaba del riesgo inminente de un desastre financiero con el modelo económico vigente.

Benoit Mandelbrot nunca fue un matemático convencional, pero fue, sin duda, la mente más brillante que he tenido oportunidad de conocer en mi vida. Descansa en paz, Benoit.



Sobre el autor

Javier Barrallo (Bilbao, 1964) es doctor en Informática por la Universidad de Deusto. Tras trabajar unos años en el Banco de Bilbao-Vizcaya diseñando algoritmos de álgebra financiera, obtuvo una plaza en la Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea. En la actualidad imparte docencia en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de San Sebastián como profesor titular de universidad en el Departamento de Matemática Aplicada. Sus primeros trabajos de investigación alternaron la geometría fractal y la programación paramétrica con las técnicas de diagnóstico estructural de edificios de patrimonio histórico artístico. A partir de 1998 participó activamente en la organización de eventos y publicaciones relacionadas con el arte y la matemática, campo en el que está considerado uno de los mayores expertos a nivel mundial. Su trayectoria se ha caracterizado por una investigación pluridisciplinar, destacando su actividad divulgadora de la matemática visual y su colaboración con Benoit Mandelbrot en la organización de exposiciones y concursos de arte fractal.