

NOVEMBRE DE 2024

N. 4

Μαθημα



En este número...

**Artículo: Benoît B. Mandelbrot:
Un matemàtic inconformista**

Problemes per a pensar

Entretenimates!

Benoît B. Mandelbrot: Un matemàtic inconformista

José R. Das López

Catedràtic de Matemàtiques. Cap del departament de Matemàtiques de l'IES Lluís Vives

e-mail: jr.das@edu.gva.es

Resum: Benoît Mandelbrot és un dels matemàtics més influents de la segona meitat del segle XX. La seua infància i adolescència plena de canvis deguts a la persecució dels jueus i de la Segona Guerra Mundial va influir en el seu caràcter, apartant-lo d'una línia convencional i obrint la seua ment a enfocaments i aplicacions oblidats o evitats per la resta de la comunitat matemàtica. En aquest article, aprofitem el centenari del seu naixement, per a repassar els fets més destacats de la seua vida, així com la seua trajectòria professional que ho va portar a la fundació de la teoria de fractals i la seua aplicació en els més diversos camps del saber

Enguany es complixen 100 anys des del naixement del matemàtic franco-estadunidenc nascut a Varsòvia Benoît B. Mandelbrot. Este article repassa la seua vida i obra i també vol servir d'homenatge a un dels matemàtics més desconeguts i, alhora influents de la segona meitat del segle XX.

Orígens familiars

Els Mandelbrot, originaris de Lituània, vivien en el barri jueu de Varsòvia. El pare, Calel Mandelbrot, va seguir cursos a l'Escola de comerç, però no va poder prosseguir amb els seus estudis universitaris com a conseqüència del naixement del seu germà menor, Szolem, al què atén després de la mort de sa madre. Va obrir diversos tallers de confecció i botigues de teixits que, posteriorment, a causa de la Gran Guerra i de la gran Depressió, ha de tancar. No es sabrà mai si haguera pogut resultar un prodigi de les matemàtics com el seu germà xicotet Szolem, però sabem, de confessions del propi Szolem, que Calel estava excepcionalment dotat per als números. Les màquines apassionaven a Calel, que també venerava un cèlebre matemàtic i enginyer alemany de l'època, Charles Proteus Steinmetz.

La família materna de Benoît compartix la mateixa concepció intel·lectual de la vida que la família paterna i les dos la inculquen als seus fills. Bertha, la mare de Benoît, va acabar els seus estudis secundaris i arribà a eixir al capdavant de la seua promoció de la facultat de medicina de la Universitat Imperial de Varsòvia, venent així el sistema de dificultat imposades als jueus. Va triar l'especialitat d'odontologia ja que, així, no tenia guàrdies de nit. Parlava a la perfecció el yiddish, el polonès, l'alemany i el rus, i dominava el francès.

El pare de Benoît Mandelbrot, Calel, va conèixer Bertha, la que resultarà la seua esposa, durant la seua infantesa, perquè el germà major d'aquesta és un dels seus companys de classe.

Orígens familiars

Benoît naix a Varsòvia el 20 de novembre de 1924. Els seus parents havien presenciats ja la mort, d'una meningitis, del seu primer fill. Esta pèrdua prematura marca la infantesa de Benoît i del seu germà Léon, nascut quinze mesos després d'ell.

Fou el marit d'una de les germanes de son pare, el tio Loterman, qui s'encarrega de la seua educació a casa. Loterman, un home molt cultivat i d'una gran intel·ligència, no tenia cap experiència en matèria d'ensenyament; açò el conduïx a utilitzar una pedagogia que podria considerar-se equivalentment al que actualment s'anomena «aprenentatge per descobriment». Va imposar al seu nebot nombroses lectures, incloent grans discussions sobre l'actualitat política, social i econòmica. Les converses sobre la història antiga, l'estudi dels mapes i les llargues i freqüents partides d'escacs van alliberar l'esperit de Benoît de la rigidesa convencional, lluny dels resultats que haguera pogut produir una educació a base de lliçons magistrals i de memorització.

Una altra gran referència emocional i acadèmica en la vida de Mandelbrot fou el seu tio patern Szolem (que escriu el seu cognom "Mandelbrojt"), un matemàtic brillant que tindrà una influència determinant sobre la seu nebot (Imatge 1).



Imatge 1. Szolem Mandelbrojt, germà de Calel Mandelbrot, pare de Benoît, aclamat matemàtic que va exercir gran influència en ell. Imatge presa de Wikipedia.

A Varsòvia, cap a 1930, la situació econòmica de la família Mandelbrot es va deteriorar i en no poden continuar amb l'educació domiciliària de Benoît, ingressà a l'escola primària en tercer curs. En 1931, Calel Mandelbrot, espantat pel seu germà Szolem, va decidir instal·lar-se a França on es llançà novament a la venda de roba.



Revista Mathema
Edició on-line
ISSN: 3020-9803
Edita: IES Lluís Vives
Responsable: José Das
València, Novembre de 2024

Una vegada Benoît acabà l'educació primària es va plantejar la seua entrada a la secundària, però les restriccions imposades als jueus a Polònia i el deteriorament de la situació política provocaren que la continuïtat de la família en Polònia fóra un risc. El pare de Mandelbrot estava ja instal·lat a França per a preparar la vinguda de la resta de la família, així que Bertha emigrà amb els seus dos fills en 1936. Esta difícil decisió salvà la vida de Benoît.

A la seua arribada a París, el francès que havia après amb el tio Loterman, i el seu do per a les llengües, li permeten entrar en últim any de l'escola primària i obtindre el seu certificat d'estudis primaris, que li obri les portes del liceu Rollin — hui col·legi-liceu Jacques-Decour — on es beneficia d'un excel·lent ensenyament dispensat per professors molt competents que no havien trobat treball a la universitat. Però l'ombra de la guerra segueix els Mandelbrot.

La invasió alemanya força la família a refugiar-se després a Brive-la-Gaillarde on a Benoît l'ajuda, per a la continuació dels seus estudis, pel rabí David Feuerwerker.

De nou, Szolem — que es troba en Tulle en zona lliure i acaba d'obtindre la seua primera plaça de professor a la universitat de Clarmont — transferix la família del seu germà a Tulle on és considerada com a refugiada parisenca. Benoît està inscrit al liceu Edmond-Perrier on ell finalitza el seu batxillerat amb la millor nota de tota la història del liceu. Açò li obri les portes de l'ensenyament superior, però ell no vol atraure atenció sobre si mateix. L'11 de novembre de 1942, els Alemanys envaïxen la zona lliure i els canvis ocorreguts en l'executiu de Vichy priven els Mandelbrot d'un important protector, Henri Queuille.

A la tardor 1943, quan Léon ja ha conclòs també brillantment el seu batxillerat, la família decideix dividir-se en dos per a tractar de millorar la seua sort. Baix una identitat falsa, Benoît i Léon entren a treballar com a aprenents en una fàbrica. Gràcies als contactes de la família, al gener 1944, poden inscriure's en classes preparatòries al liceu del Parc de Lió, com a interns, per a preparar els concursos d'entrada a la Universitat. Com, a conseqüència del desembarcament de Normandia, el liceu del Parc tanca les seues portes al juny de 1944, Benoît i Léon es refugien al camp, com a llauradors, per a escapar a les batudes.

Benoît es convertix així en mossò de quadres d'un ramader de cavalls al costat de Pommiers-en-Forez, on és acollit prompte baix el sostre del propietari. Després de l'alliberament de París al mes d'agost, la família torna a la capital i es reünix novament. Ja en tot en ordre, Benoît es presenta als concursos de l'Escola Normal Superior i de la Politècnica per als que s'havia preparat a Lió. Obté les millors notes als dos concursos i després de passar un dia a l'Escola Normal Superior, tria la Politècnica.

De 1945 a 1947, Mandelbrot segueix els cursos de Polytechnique on té dos professors de matemàtics pures, Gaston Julia i Paul Lévy, que tindran cadascun una gran influència en la seua carrera.

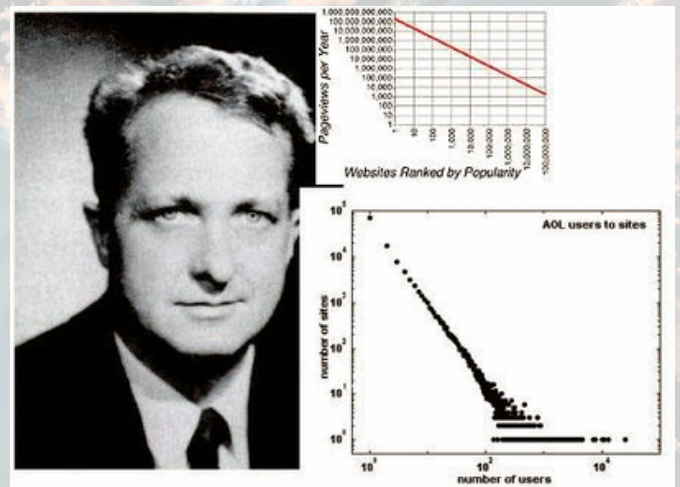
Quan ha acabat els seus estudis a Polytechnique en 1947, tot espenta Mandelbrot a fugir de les matemàtiques pures i la física teòrica per a introduir-se en disciplines en manca de rigor i d'eines matemàtiques. Així, s'interessa per la teoria de la informació, on les idees de Claude Shannon estan llavors en ple auge.

Carrera post-universitària

El seu professor de matemàtiques aplicades li suggerix fer la seua tesi amb un dels millors especialistes en mecànica dels fluids, l'enginyer i físic húngaro-estadunidenc Theodore von Kármán que és professor al Institut de Tecnologia de Califòrnia (Caltech), a Pasadena.

Mandelbrot abandona llavors França per anar a Califòrnia, però Caltech resulta no ser un bon lloc per a la seua tesi: Karman està absent i els professors substituïts no tenen el nivell requerit. Així i tot, l'ensenyament que va rebre a Caltech és de gran qualitat i Mandelbrot es familiaritza amb camps del coneixement per als que un enfocament matemàtic pot ser útil. Després de dos anys a Caltech, Mandelbrot acaba per tornar a París en 1949, sense haver triat un encara un tema de tesi.

Molest per la dilació del seu nebot, el tio Szolem li presenta la ressenya d'un llibre i li diu: "Hauries de llegir això. Este és exactament el tipus d'estupidesa que només t'interessa a tu". Es tracta d'una obra titulada *El comportament humà i el principi del mínim esforç del lingüista i filòleg nord-americà George Kingsley Zipf* (Imatge 2). Mandelbrot va llegir l'article, es va entusiasmar i el va convertir en el tema de la seua tesi. Intrigat per la llei de Zipf, empírica i controvertida, la planteja en termes de minimitzar els costos d'emmagatzematge i ús de les paraules per part de la ment. En eliminar la variable cost entre les dues equacions, es revela una llei que, esta vegada, ja no té res d'empíric: es tracta de la llei de Mandelbrot, de la qual la de Zipf és només un cas particular, i que respon millor que ella a les observacions -explicant, en particular, el "colze" sempre observat en les distribucions i no explicat per la llei de Zipf. La defensa de la seua tesi va tindre lloc el 19 de desembre de 1952. El títol va ser *Contribution à la théorie mathématique des jeux de communication*. Esta obra li va fer guanyar notorietat immediata, en particular gràcies a una obra de Léon Brillouin: *Science et théorie de l'information*, que també tindrà molt major èxit en la seua traducció a l'anglès: *Science and Information Theory*.



Imatge 2. George Kingsley Zipf (1902-1950) (esquerra), lingüista estadunidenc que va enunciar la llei que porta el seu nom i que indica que, en cada idioma, hi ha una xicoteta llista de paraules que s'utilitzen molt a sovint, mentre que una gran quantitat de paraules són poc usades. Esta llei s'aplica, hui en dia, en contextos molt diversos: en la imatge (dreta), la seua aplicació a les visites a llocs web. Font: <https://fuegolab.blogspot.com/>

Al no aconseguir una plaça universitària a França després del seu doctorat, Mandelbrot va acceptar un lloc de professor visitant en l'Institut Tecnològic de Massachusetts (MIT) a Cambridge (els Estats Units). Després d'un fructífer any en el MIT, John von Neumann el va convidar a unir-se a ell com a investigador postdoctoral en l'Institut d'Estudis Avançats (IAS) en Princeton. Mandelbrot es va familiaritzar amb la teoria de jocs, creada per von Neumann, que serviria com a base matemàtica de l'economia, camp pel qual Benoît es va interessar cada vegada més. Allí també va conèixer al matemàtic estatunidenc Henry McKean, qui li va introduir en la dimensió de Hausdorff-Besicovitch.

En 1955, gràcies a una beca de la Fundació Rockefeller, va aconseguir una plaça d'investigador en el CNRS i va tornar a França, on es va casar amb Alette Kagann el 5 de novembre de 1955. Després de la seua trobada a París amb Jean Piaget i la seua proposta per a col·laborar amb el Centre Internacional d'Epistemologia Genètica, es van establir a Ginebra, on prompte va nàixer el seu primer fill, Laurent. Des del punt de vista científic, els dos anys que va passar en el CNRS no van ser massa fructífers. A nivell més personal, no obstant això, està en contacte amb el seu antic professor de la Politècnica, Paul Lévy, així com amb el gran matemàtic Andrei Kolmogorov, autor de la formulació de la teoria de la probabilitat. Els Mandelbrot, per tant, tornen a instal·lar-se a París, on Benoît també podrà impartir cursos en el Polytechnic.

En 1957, va obtenir una plaça de professor de probabilitat en la Universitat de Lille. No obstant, se n'adonà que la docència li ocupava massa temps, la qual cosa li impedia prosseguir lliurement les seues investigacions en els diferents camps que li interessaven. Quan IBM el va convidar en 1958, com a expert en lingüística, a passar l'estiu en els seus laboratoris d'investigació, va tornar novament als Estats Units d'Amèrica. L'època daurada de l'empresa a penes començava, i el que inicialment anava a ser una col·laboració única es va convertir en un lloc que Mandelbrot ocuparia fins a la seua jubilació. IBM acabava d'embarcar-se en un projecte de traducció automàtica i els seus primers passos a la casa li porten a treballar en la transmissió òptima en entorns sorollosos i en la modelització de les variacions del preu de les matèries primeres. La curiositat heterodoxa de Mandelbrot podia desplegar-se millor com a membre -una espècie d'electró lliure- en IBM. Podia realitzar la seua investigació com desitjara, sense haver d'ajustar-se a les limitacions d'un projecte específic. Millor encara, també podia beneficiar-se d'importants períodes de disponibilitat, la qual cosa li permetia realitzar col·laboracions en moltes altres institucions.

En 1962 va ser convidat per la Universitat d'Harvard com a professor d'economia. A l'any següent, va ser designat per al lloc de professor de matemàtiques aplicades, perfectament ajustat al seu perfil. Una constant en la seua vida i obra és donar valor i aplicacions pràctiques a treballs antics, que la majoria de les vegades troba per casualitat i que la comunitat científica ha oblidat. Va continuar el seu treball sobre objectes estranys fins llavors prou abandonats pels matemàtics: objectes amb una complexitat definida de forma recursiva, com la corba de von Koch, per als quals va percebre una utilitat. El matemàtic Felix Hausdorff també va preparar el terreny definint una dimensió no sencera per a estos objectes, la dimensió de Hausdorff. En quant al matemàtic Gastón Julia, va definir els objectes que tenen una semblança familiar amb el conjunt.

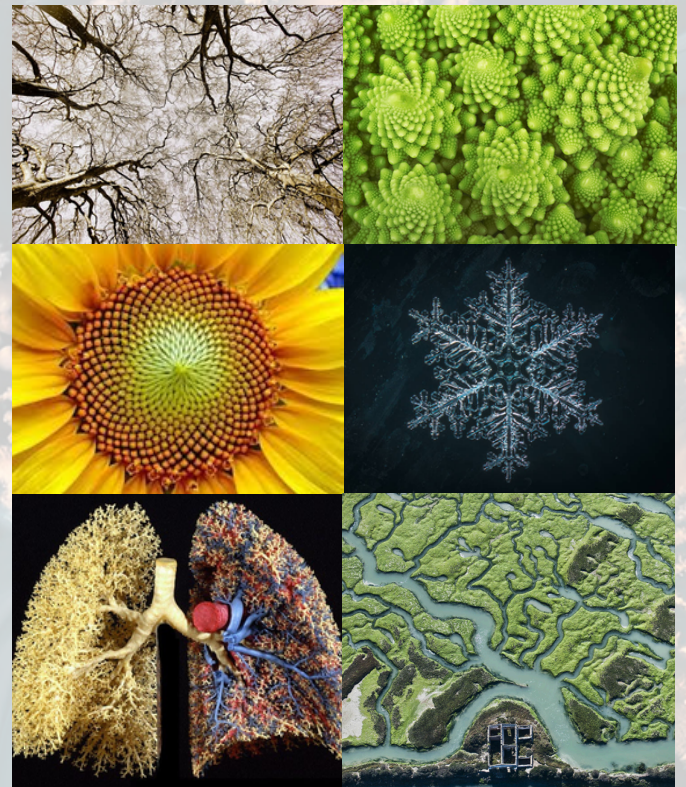
Descobriments dels fractals: un nou paradigma

En 1967, seguint el treball de Lewis Fry Richardson, va publicar en la revista Science el seu famós article - de sols cinc pàgines - *How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension*, "Quant mesura la costa de Gran Bretanya? Autosimilitud estadística i dimensió fraccionària", que depèn de l'escala en la qual es mesura, i que té una dimensió de Hausdorff no sencera, entre 1 i 2: en sentit estricte no constitueix ni un objecte unidimensional ni bidimensional, i és acceptant la idea d'una dimensió no entera que podem atacar estos objectes que sempre han escapat a l'estudi: la teoria fractal, a partir d'este article, es llança oficialment.

Mandelbrot va començar llavors a guanyar notorietat en el món científic; la seua producció científica, estimulada per les variades disciplines que li interessaven, s'incrementa amb nombrosos articles i comunicacions en revistes i congressos.

En l'estiu de 1971, es va prendre un any sabàtic en IBM i va tornar a França amb la seua família. El 13 de gener de 1973 va pronunciar una conferència en el Collège de France que va ser el preludi de la seua consagració com a inventor d'una nova disciplina. El mateix any, se li va proposar ocupar la càtedra que va deixar vacant François Perroux en el Collège de France, però va rebutjar l'oferta i mai més es va postular a ella.

En 1973, va escriure l'article *Formes nouvelles du hasard dans les sciences* (Noves formes d'atzar en les ciències) en una revista d'economia. Este article critica la falta d'interès dels investigadors de moltes disciplines per les fluctuacions aleatòries, i el limitar-se massa a estudiar mitjanes a llarg termini. Cita exemples presos del seu treball en IBM, la transmissió de senyals, però també en àmbits inesperats: les crescudes del Nil, la forma dels núvols, la dels rius...



Imatge 3. Diversos exemples de situacions en la natura en presència d'estructures fractals: ramificacions d'un arbre (dalt-esquerra), Brècol romanescu (dalt-dreta), flor del gira-sol (centre-esquerra), floc de neu al microscopi (centre-dreta), estructura alveolar dels pulmons (baix-esquerra) i meandres en les marismes, en este cas, al Parc Nacional de Donyana (baix-dreta).

Arriba a la conclusió que no existix cap mena d'atzar que sempre conduísca a una igualació segons la llei dels grans números. Això és una il·lusió a causa del fet que només estudiem estos exemples allunyant-nos d'uns altres que els consideren mal condicionats, de la mateixa manera que molts matemàtics van rebutjar el floc de neu de Koch, al qual consideraven un objecte monstruós: les esferes o els triangles eren considerats objectes acceptables pels matemàtics de l'època, però no els núvols o els arbres (almenys com a objectes geomètrics). Les matemàtiques d'este període van guardar "silenci sobre els monstres". No és d'estranyar, en estes condicions, que es considere que les matemàtiques existents tenen un immens poder per a explicar els fenòmens científics, "perquè només considerem científics els fenòmens que podem explicar!". Estem atrapatats en el parany d'un argument circular del qual ja no podem escapar".

No obstant això, afegí Mandelbrot, “són els fenòmens essencials de la naturalesa els que obeeixen a aquest altre tipus d'atzar on no podem aplicar la llei dels grans números [...] El model estàndard ens fa perdre la major part de la realitat, i diu així fins al punt d'impedir-nos si més no veure'l.”

Els principis es publicaran amb un gran nombre d'exemples: modelització del relleu terrestre i piga, hidrologia, estructura del pulmó, granulació del concret, paradoxa de Olbers, turbulència en mecànica de fluids, planificació urbana de ciutats, distribució de galàxies i els forats del formatge Appenzeller, en una obra que des de llavors s'ha convertit en una referència: *Les Objets fractals - Forme, hasard et dimension* en 1975. Presenta al lector objectes fins ara poc coneguts: el floc de neu de Koch, l'esponja de Sierpinski (o esponja de Menger, o de Sierpinski-Menger), que els matemàtics guardaven modestament en els seus calaixos. Tots estos exemples tenen en comú el que l'autor anomena homotècia d'escala i que red denominarà, uns anys més tard, amb el nom de autosimilitud.

El caràcter innovador del llibre (publicat per primera vegada a França) el va convertir en un èxit immediat a nivell mundial que, esta vegada sí, va arribar al gran públic. Els exemples de la primera edició d'aquesta obra estaven tots en blanc i negre per raons d'economia i tecnologia de pantalla. Dos anys després de la primera edició, en 1977 va veure la llum una versió en anglés, revisada i ampliada.

Mandelbrot va publicar un article a la fi de 1980 sobre una família de fractals -vinculats al que més tard s'anomenaria conjunt de Mandelbrot-, definits per la relació de recurrència

$$z_{n+1} = z_n^2 + c$$

sent c qualsevol nombre complex.

Durant la seua primera conferència sobre fractals en la Universitat d'Harvard, el públic va ser molt variat. El públic assisteix sorprès al naixement d'una teoria comptada pel seu inventor. Este període, marcat per conferències, va portar a Mandelbrot a preparar una segona revisió de *Fractal Objects*, que prompte es va transformar en una nova obra, *The Fractal Geometry of Nature*, que va aparèixer a l'agost de 1982. El llibre abunda en nous exemples de fractals. Supera les sis-centes pàgines, o tres vegades Objectes Fractals (Imatge 4).



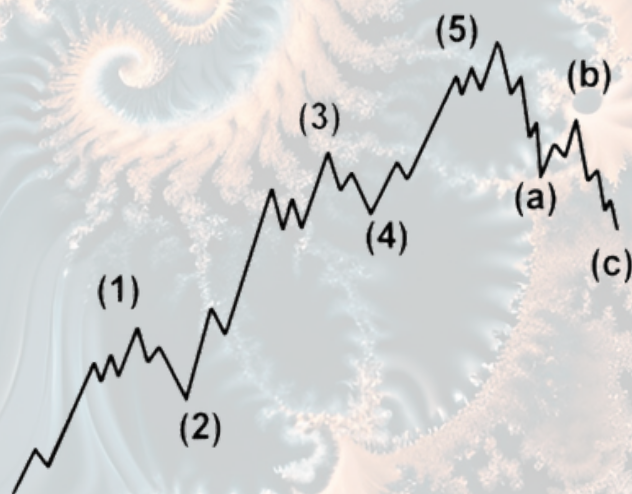
Imatge 4. Portada del llibre “La geometría fractal de la naturaleza” de Benoît B. Mandelbrot, en la seua edició en castellà, publicada per Tusquets Editores en 2021 (ISBN: 978-84-9066-913-6)

La modelització estadística en finances

Benoît Mandelbrot es va interessar per la modelització estadística de l'evolució dels preus borsaris en 1961, tema que li va interessar al llarg de la seua carrera. Mandelbrot, basant-se en les seues idees sobre la cerca de autosimilituds i la geometria fractal, adopta la visió oposada a les teories de Louis Bachelier i Harry Markowitz, qui representen l'evolució dels preus de les accions com una evolució contínua regida per la llei normal i proposa una representació dels riscos del mercat de valors per una “oportunitat salvatge” caracteritzada per la discontinuïtat i concentració del risc en el temps. En un famós estudi sobre els preus de les matèries primeres, escrit en 1963, va proposar en particular substituir la llei normal per les lleis estables de Lévy. Esta teoria financera té l'avantatge de tindre millor en compte l'aparició de variacions extremes. Inicialment reconeguda com a rellevant, després va ser deixada de costat degut a la seua complexitat, abans de ser reutilitzada des de finals dels anys 1990, una època plagada de turbulències financeres (Imatge 5).

En 1997, Mandelbrot va proposar un model nou i més ric que té en compte les múltiples escales de temps presents en els mercats financers i integra l'efecte memòria de les fluctuacions del mercat de valors. Introdueix el concepte de “temps multifractal” per a descriure les alternances de períodes de calma i turbulència observats en els mercats financers: l'amplitud de les variacions pot romandre independent d'un dia per a un altre mentre està correlacionada durant períodes de temps molt llargs.

En 2004 va publicar *A Fractal Approach to Markets* en el qual denunciava les eines matemàtiques de les finances perquè les considerava inadequades. Ixe mateix any va sol·licitar, sense èxit, que els bancs i les grans entitats financeres dedicaren una xicoteta part del seu pressupost a la investigació fonamental.



Imatge 5. Exemple de corba de tipus fractal amb informació financera. Mandelbrot sostenia que era possible un enfocament d'este tipus per a tractar esta classe de corbes, que escapaven a un tractament més tradicional de tipus estadístic. Estes corbes tenen un comportament semblant en grans períodes de temps i a curt plaç.

Benoît Mandelbrot és, en particular, molt crític amb la teoria de Merton, Black i Scholes utilitzada pels bancs, perquè, segons ell, representa riscos financers mitjançant un risc gaussià “moderat” i que pot ser domesticat, a diferència de les “salvatges” possibilitats dels mercats financers, distorsionant així la percepció dels riscos financers per part dels participants del mercat.

Darrers anys

En 1987, l'impacte del seu treball va continuar creixent quan la Universitat de Yale (New Haven, Connecticut) el va reclutar per a ocupar la Càtedra Abraham Robinson de Ciències Matemàtiques. El contracte estava previst per a cinc anys; però acabarà durant dèsset. El treball en Yale es complementa amb les seues funcions en IBM, de la qual es jubilarà en 1993. Però la relació de trenta-cinc anys no acaba immediatament: a Mandelbrot se li concedeix el títol de Fellow Emeritus, que comporta certs privilegis, com el de poder per a continuar ocupant la seua oficina de Yorktown. Esta situació va continuar fins a 2006, quan va decidir retirar-se de Yale, abandonar la seua oficina en IBM i establir-se a Boston (Massachusetts).



Imatge 6. Benoît B. Mandelbrot.

Envoltat de la seua família, va morir a causa de càncer de pàncrees el 14 d'octubre de 2010 a Cambridge, els Estats Units en l'estat de Massachusetts.

Família

Benoît Mandelbrot es va casar amb Alette Kagan en 1955, nascuda el 14 d'octubre de 1932 en Neuilly-sud-Seine. Alette Kagan és la filla d'Alexandre i Adeline (de soltera Celniker) Kagan. Durant la Segona Guerra Mundial, ella i la seua família es van refugiar sota noms falsos en un poble del sud de França.

Alette Mandelbrot és biòloga amb un doctorat en microbiologia del Vassar College en 1968.

Benoît Mandelbrot i Alette Mandelbrot tenen dos fills que són metges: Laurent Mandelbrot i Didier Mandelbrot. Laurent Mandelbrot és professor de medicina en la Universitat Paris-Diderot des de 2002, mentre Didier Mandelbrot és professor de medicina en la Universitat de Wisconsin en Madison.

Alette Mandelbrot va morir el 31 de març de 2023 en Madison, Wisconsin, a l'edat de 90 anys.

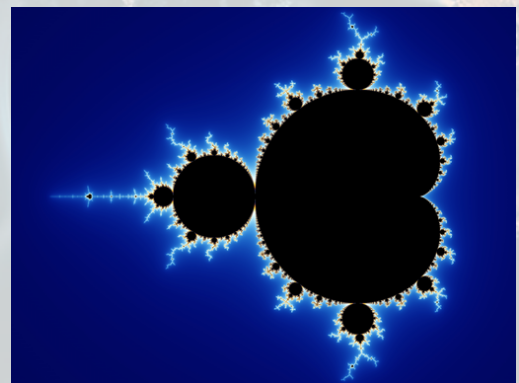
Honors i distincions

Al llarg de la seua vida, Benoît ha rebut nombrosos premis i honors, entre els que podem destacar:

- El seu treball sobre fractals com a matemàtic en IBM li va valdre una beca emèrita en el Laboratori d'Investigació T.J. El seu treball va ser reprès allí pel seu col·laborador, Richard Voss.
- Medalla Barnard, en 1985, atorgada cada cinc anys per la Universitat de Columbia i l'Acadèmia Nacional de Ciències dels Estats Units.
- Medalla Franklin, en 1986, atorgada per l'Institut Franklin de Filadèlfia
- Medalla Steinmetz, en 1988, en honor a l'inventor Charles Proteus Steinmetz
- Premi Ciència per a l'Art del grup LVMH
- Premi Harvey, en 1989
- Premi Wolf de Física, en 1993
- Professor convidat del Conservatori Nacional d'Arts i Oficis (1994, 2000)
- Medalla Vermeil de la ciutat de París, en 1995
- Premi Japonès de Ciència i Tecnologia, 2003
- Premi Waclaw Sierpiński, en 2005, atorgat per la Universitat de Varsòvia i la Societat Polonesa de Matemàtiques
- El 23 de novembre de 1990 va ser nomenat cavaller de la Legió d'Honor i ascendit a oficial l'1 de gener de 2006.
- El 20 de novembre de 2020, Google, amb motiu del 96 aniversari del seu naixement, li va dedicar un Doodle. (Imatge 7).
- El conjunt de Mandelbrot reb el seu nom com a homenatge per part d'Adrien Douady (Imatge 8)



Imatge 7. Doodle dedicat per Google en la commemoració del 96 aniversari del seu naixement.



Imatge 8. Representació del conjunt de Mandelbrot.

Bibliografia

- [1] Crespo Casteleiro, David. *Mandelbrot: En busca de la geometría de la naturaleza*. Ed. RBA, 2017.
- [2] Mandelbrot, Benoît B.: *Los objetos fractales*. Ed. Tusquets Editores, 1987.
- [3] Mandelbrot, Benoît B.: *La geometría fractal de la naturaleza*. Ed. Tusquets Editores, 1997.

Alliberament de presos

El següent problema fou plantejat el 20 d'abril de 2011 en el periòdic "El País" dis d'una campanya conjunta amb la Real Societat Matemàtica Espanyola (RSME) amb motiu de la commemoració del centenari de la fundació de la RSME. Posteriorment formà part del llibre "Desafios matemáticos" que la RSME va publicar junt amb l'editorial SM en la col·lecció "Círculos matemáticos" on s'arreglegaven tots els problemes proposats en este cicle:

El director d'una càrrel desbordada per la nombrosa població reclusa va idear un sistema per a desfer-se d'uns quants presos: Un serien executats, mentre que els altres serien alliberats. Ara bé, com triar qui té cada destinació?

El director va idear un sistema enginyós per a provar la intel·ligència dels presos. Per a fer-ho selecciona 30 presos a l'atzar.



S'informa els 30 presos que se'ls col·locarà formant una fila i se'ls posarà un barret al cap a cadascun, blanc o negre, sense especificar quants es posaran de cada color (poden ser 29 blancs i un negre, 15 i 15, 17 i 13...). Cada pres només vorà els barrets dels presoners que té davant però ni el seu ni els de darrere. Un guàrdia anirà preguntant successivament a cadascun dels presos des de l'últim (el que veu tots però no el seu) al primer (que no veu cap) de quin color és el seu barret. Els presos només poden contestar blanc o negre: si encerten són alliberats i si no, són executats. Tots els presos poden escoltar les respostes anteriors a les seues.

Abans de portar-ho a terme, els presos, que coneixen la prova a la qual seran sotmesos però, naturalment, no de quin color seran els seus barrets, tenen un temps per a parlar entre ells i pensar una estratègia de grup. Quina és la millor estratègia per a salvar SEGUR al major nombre de presoners? Quants se salven segur amb esta estratègia?

Atenció: Per a aclarir alguns dubtes que poden sorgir: Els presoners no poden fer senyals, ni tocar als altres, ni donar pistes amb el to o volum de veu... han de contestar blanc o negre de la forma més asèptica possible perquè si els carcellers detectaren algun truc dels esmentats, matarien a tots.

La solució ha de provindre exclusivament d'una estratègia raonable i perfectament descrita que no depenga de l'atzar i que s'adapte a qualsevol combinació possible de gorrets blanc o negres que puguen tindre posats els pressos, sense trampes ni argücies.

la solució en el pròxim número...

Envia'm més diners: Solució

Hem d'averiguar els valors de les lletres D, E, M, N, O, R, S i Y per a que la suma

$$\begin{array}{r} S E N D \\ + M O R E \\ \hline M O N E Y \end{array}$$

sigua correcta i sabent que números diferents estan representats per lletres diferents i lletres diferents impliquen números diferents.

Comencem per la M de MONEY. Al ser la primera xifra d'un número de 5 que és suma d'altres dos de quatre, com que per grans que siguen estes no podran superar els $9+9+1=19$, la M només pot ser un 1.

$$\begin{array}{r} S E N D \\ + 1 O R E \\ \hline 1 O N E Y \end{array}$$

$S+1=10+O$ o $S+1+1 = 10 + O$ en el cas en que en portem 1. S sols pot ser 8 o 9, ja que sinò la suma no donaria. En qualsevol dels dos casos, O hauria de ser 0 o 1 i 1 no pot ser, ja que hem deduït abans que $M=1$. Per tant, $O=0$.

$$\begin{array}{r} S E N D \\ + 1 0 R E \\ \hline 1 0 N E Y \end{array}$$

Com que $E+0=N$ i E i N no poden ser iguals, significa que portem una de la suma anterior i, així, en realitat és $E+1+0=N$. A més, N no pot ser ni 0 ni 1 ja que estan assignats, així que d'esta suma no se porta res a la següent i $S=9$.

En la suma $N+R=E$ hem de recordar que $N=E+1$ i, per tant, $E+1+R=E$, d'on $1+R=0$, és a dir, R hauria de ser 9, però el 9 ja està ocupat per la lletra S, així que de la suma $D+E=Y$ portem una i queda $N+R+1=E$, d'on substituint N per $E+1$ arribem a que $R+2=0$ i, per tant, $R=8$.

$$\begin{array}{r} 9 E N D \\ + 1 0 8 E \\ \hline 1 0 N E Y \end{array}$$

Ara mateix, els possibles valors per a (E, N), sabent que $N=E+1$ i que els valors 0, 1, 8 i 9 ja estan ocupats són (2, 3), (3, 4), (4, 5), (5, 6) i (6, 7). Tot depèn ara de la primera suma, $D+E=10+Y$.

Com que la suma ha de ser superior a 12, ja que la Y no pot ser ni 0 ni 1 (estan assignades) i tampoc inferior a 10 (hem vist que hem de portar-ne una, les combinacions (2, 3), (3, 4) i (4, 5) estan descartades (obligarien a valors de (D, Y) iguals a (8, 0), (9, 1), (7, 0), (8, 1), (9, 2), (6, 0), (7, 1), (8, 2) o (9, 3), totes elles amb una xifra ja assignada).

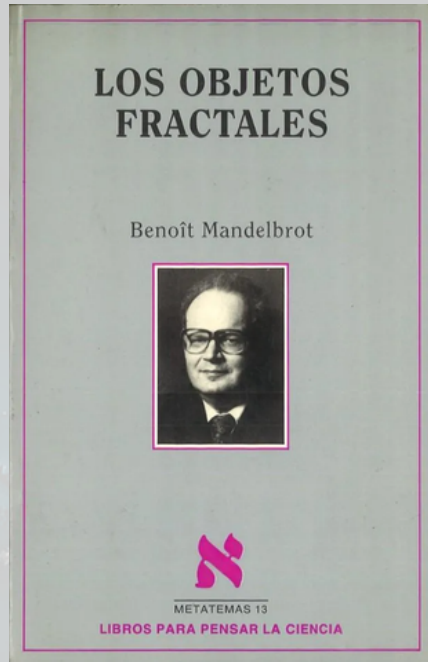
En el cas en el que (E, N) fora igual a (6, 7), llavors, $D+6=10+Y$ i D hauria de ser 4 o 5 (ja que els valors del 6 al 9 estan ocupats). Però si fóra així, Y només podria ser 0 o 1, que també estan assignats, així que la combinació (6, 7) també és impossible. Per tant, la única que queda és que (E, N) = (5, 6) i, per tant, $D=7$ i $Y=2$. D'esta manera la solució és:

$$\begin{array}{r} 9 5 6 7 \\ + 1 0 8 5 \\ \hline 1 0 6 5 2 \end{array}$$

Entretenimates!

Acabem esta publicació amb un recull de propostes lúdiques per a entretenir-se amb les matemàtiques. Cada mes presentarem una oferta amb pel·lícules, llibres, jocs, etc. per a què exerciteu la ment. Esperem que la disfruteu!

Un llibre



Presentem una de les obres fonamentals de l'autor protagonista d'este número. *Los objetos fractales* és una obra de referència dins de la matèria, per ser la primera i per aportar nombrosos i il·lustratius exemples d'estos conjunts. Al llibre, escrit en 1975, Mandelbrot proposa per primera vegada la paraula fractal, del llatí *fractus* (trecat) per a designar aqueixa classe de formes i figures que criden l'atenció per l'extraordinària fragmentació i sinuositat de les seues formes que es repetixen a diferents escales.

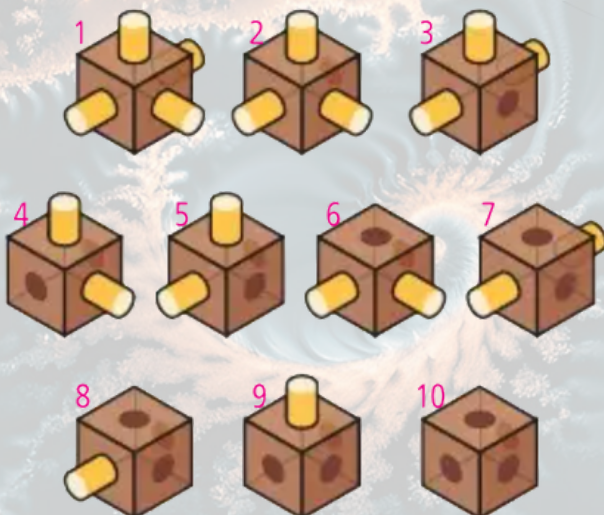
“Què són els objectes fractals? Per a què servixen, quina és la seua història i per què s'anomenen així? Els fractals representen alhora una teoria matemàtica i un mètode per a analitzar una gran diversitat de fenòmens de la naturalesa; precisament aquells fenòmens que ens semblen «sense llei», com la capritxosa forma d'una costa, d'un núvol o, fins i tot, d'una obra d'art. Benoît Mandelbrot va crear les fractals a principis dels anys sixtyanta i hui protagonitzen investigacions que s'ocupen de física teòrica, geografia, economia, biologia, etc., de manera que en l'actualitat es pot dir que existixen una concepció i una geometria fractals de la naturalesa. Estes es basen, en essència, en el concepte de autosimilitud, una propietat exhibida per aquells sistemes les estructures dels quals romanen constants en variar l'escala d'observació; en altres paraules: quan les parts, per xicotetes que estes siguen, s'assemblen al tot.

Este llibre és el primer assaig dedicat a exposar la teoria i és també, per tant, un document històric impregnat de les vivències directes d'aquest científic la sorprenent aventura del qual intel·lectual es desenvolupa entre la Universitat d'Harvard i la IBM.”

Títol: Los objetos fractales. Autor: Benoît Mandelbrot. ISBN: 978-84-7223-458-1. Editorial: Tusquets Editores. Sèrie: Metatemas Any: 1987.

Un joc

El puzzle L'esponja pertany al tipus *put together* (ajuntar), i es classifica tècnicament entre els de muntatge 1.2 tridimensional. Està format per 20 peces repartides en dos conjunts idèntics de deu. Cadascuna d'estes deu peces, diferents entre si, s'ha obtingut prenent dues cares consecutives del cub i col·locant els buits i els pins de totes les formes possibles de les quatre cares restants:



L'espai del trencaclosques una vegada resolt recorda a un objecte geomètric conegut com l'"Espanja de Menger". Este objecte posseix unes característiques fora del comuna: a mesura que es va construint, la seua superfície tendix a infinit i el seu volum a zero.



L'Espanja de Menger pertany a una classe especial d'objectes geomètrics coneguda com a "objectes fractals", l'estudi dels quals constituïx un episodi fonamental en la matemàtica del nostre temps.

Este trencaclosques va ser creat pel matemàtic balear Albert Violant i Holz, expert de talla mundial en la recreació matemàtica, amés d'un prestigiós creador de trencaclosques i jocs. El puzzle L'esponja, desenvolupat de manera conjunta amb la seua esposa, la matemàtica i artista plàstica Maria Isabel Binimelis Bassa, conjumina bellesa formal i reflexió matemàtica d'alt nivell.