
Alumne: David Roura Coll

Tutora: Mariona Gimeno

Les formes essencials de la naturalesa

Presentació

Aquest Treball de Recerca tracta sobre les formes que es repeteixen en la naturalesa. Per «naturalesa» s'entén tot allò que no ha estat ideat per la ment humana, des d'animals i plantes fins a elements inerts com minerals o closques. En concret, se centra en aquelles formes que existeixen per la funció que desenvolupen en el medi al qual pertanyen.

Hi ha un seguit de formes que són denominades com les més probables en la naturalesa. Això em va fer pensar i finalment em va sorgir una pregunta, com és que hi ha formes que es repeteixen amb tanta assiduitat en l'Univers, presents tant en el més llunyà o gran com en el més proper o diminut? Per poder respondre aquesta qüestió s'han fet estudis per determinar què és el que comparteixen aquells objectes amb una mateixa forma.

I s'ha arribat a la conclusió que efectivament un objecte té la capacitat de perseverar en la natura pel fet de ser d'una determinada forma o a causa d'utilitzar les formes adequades com a eina per garantir la seva permanència. És així com aquestes formes han perdurat al llarg del temps gràcies a la selecció natural.

Antoni Gaudí afirmava que «tot surt del gran llibre de la naturalesa». Amb aquesta frase, l'arquitecte català es refereix a la mare Terra com la més intel·ligent de les crea-



dores a l'hora d'utilitzar les formes com a recurs. Mitjançant la selecció natural, la natura és capaç de crear les figures més perfectes per a cada situació i moment. I el més important, sense necessitat d'una ment humana que processi i desenvolupi la forma.

Metodologia

El mètode utilitzat en la recerca es basa a desenvolupar les diferents formes i en fer experiments per tal de demostrar que realment compleixen el que teòricament s'ha exposat.

La informació continguda en la part bibliogràfica s'ha extret de diferents tipus de fonts o referències que han servit per contrastar-la. A més de la bibliografia web, però, s'ha intentat recollir dades i fotografies de la mateixa natura per tal d'ampliar la part pràctica del treball. Tots els experiments, tot i ser senzills, han estat pròpiament ideats i han servit per donar consistència i veracitat a les afirmacions donades.

Cos del treball

El treball consta d'una estructura pautada que es pot dividir en dos grans parts. En la primera es presenten les vuit formes més repetides en la naturalesa mitjançant la definició de la forma segons el DIEC i una explicació de la seva particularitat (en la qual s'inclou la facultat que desenvolupen). Seguidament s'exemplifiquen, i en quatre d'elles es du a terme un experiment en què es demostra la teoria anteriorment escrita.

Les vuit formes escollides (l'esfera, l'hexàgon, l'espiral, l'hèlice, l'angle, l'ona, la catenària i el fractal) **són denominades com** a «essencials» en la naturalesa, tant en el món viu com en l'inert. I són tals perquè desenvolupen, cada una d'elles, una funció específica que les fa òptimes per a un medi concret.

La forma esfèrica és **l'única que ens mostra homogeneïtat i simetria en totes les seves direccions. Així doncs, el fet de no tenir arestes afavoreix a molts éssers vius**, perquè es converteix en la forma més difícil d'atrapar o de mossegar. A més és la forma que ofereix menys superfície per a un volum determinat i això és aprofitat per aquells cossos que volen minimitzar pèrdues de temperatura.

L'hexàgon és la forma que ocupa un pla amb més eficiència. Si es col·loquen un seguit de cercles en un espai determinat i se'ls aplica pressió de manera equitativa per tal de no deixar buits entre ells, el que en un principi són circumferències es converteixen en polígons de sis costats. Aquesta propietat ha estat aprofitada per les abelles a l'hora de construir les seves bresques, entre d'altres.

L'espiral és la millor manera de créixer ocupant el mínim espai. També presenta la propietat de no alterar la seva forma a mesura que creix o disminueix i per això se l'anomena autosimilar. Així doncs, és molt freqüent en aquells animals que presenten alguna extremitat massiva, voluminosa o llarga, i que es vol impedir que afecti la mobilitat de l'individu.

L'hèlice és una circumferència que emigra en la direcció perpendicular al pla que la conté. Aquesta forma genera molta fricció en entrar en contacte amb un altre cos i això permet a molts animals i plantes agafar-se a qualsevol objecte mitjançant l'entrotllament d'alguna de les extremitats en l'objecte (**és el cas dels micos amb la cua o dels elefants amb la trompa**).

L'angle té la propietat de concentrar materials (efecte embut) o forces (efecte punta). És per això que, com més afilada és una punta, és a dir com més petit és l'angle, més pressió s'exerceix sobre un cos determinat i per tant més força s'aconsegueix per un esforç menor. Molts animals i plantes utilitzen aquesta propietat en forma de punxes o banyes per defensar-se dels depredadors.

L'ona és la forma que millor es propaga per l'espai, amb més eficiència. És la idea més simple que et permet moure un objecte material en el si d'un fluid. Existeixen un munt d'ones imperceptibles per a l'ull humà, com la llum, el so o les ones electromagnètiques. Però també és una forma utilitzada per molts animals d'ecosistemes pantanosos o aquàtics ja que els permet desplaçar-se utilitzant la mínima energia.

La catenària és aquella forma que agafa una corda (o cable o cadena) quan es troba suspesa pel seu propi pes, evitant cap tensió suplementària. Es dona en una situació de màxim descans i mínima rigidesa. De fet, la catenària invertida és aprofitada naturalment per molts animals de grans proporcions ja que necessiten que les seves closques o esquelets aguantin una gran quantitat de pes acumulat.

El fractal no s'associa a una figura o relleu concrets, sinó que s'anomena així aquell patró l'estructura bàsica del qual es repeteix a diferents escales. Així doncs, un fractal consta de parts que, degudament ampliades, s'assemblen al tot. Respecte a funcions, són la forma que millor colonitza l'espai, ja que poden accedir a un gran nombre de punts de l'espai amb una certa continuïtat. Es poden observar tant en animals (el sistema nerviós, el circulatori, el respiratori...) com en plantes (les falgueres, les arrels dels arbres...).

La segona secció del treball **és protagonitzada per unes formes molt menys comunes en la natura, però igual d'importantes**, anomenades àuries o d'or: el triangle d'or, el rectangle d'or, el pentàgon i el pentalfa regulars, l'espiral d'or i l'angle d'or.

Després d'explicar de manera bibliogràfica l'origen de cada una d'elles, es posen uns quants exemples certament curiosos de llocs o situacions en què aquestes són representades en el món real. Entre aquests exemples s'hi inclouen algunes de les proporcions del cos humà. Finalment, es fa un experiment per comprovar si una de les proporcions mencionades en els exemples es compleix o no.

Aquestes formes **són** definides per la raó àuria i han estat utilitzades en l'art i el disseny ja que han estat denominades com a atractives o agradables per l'ull humà. El més curiós de tot però, i el que fa la proporció àuria tan peculiar, és el fet que apare-

gui repetidament en llocs de la natura d'allò **més rebuscats. És per aquest motiu que rep també la qualificació metafòrica de** «proporció divina».

Conclusions

Aquest treball de recerca té un doble objectiu: d'una banda, identificar les formes geomètriques més habituals a la natura i determinar-ne la funció principal. Per altra banda, es pretén mostrar com la sèrie de Fibonacci i les seves derivades geomètriques són presents en la natura.

Respecte al primer objectiu, s'han escollit les vuit formes que més es repeteixen en la natura per tal de determinar el motiu pel qual es reiteren. S'ha vist com cada una de les formes compleix una funció particular que la fa ser òptima en certes situacions: l'esfera protegeix, l'hexàgon pavimenta, l'espiral empaqueta, l'hèlice agafa, l'angle penetra, l'ona mou, la catenària aguanta i el fractal colonitza l'espai. A més, en el cas de l'esfera, l'hèlice, l'angle i el fractal s'han pogut demostrar experimentalment les seves propietats. Com a conclusió, es pot dir que la raó de ser de les formes geomètriques més habituals en la naturalesa no es redueix a un capritx estètic, sinó que dona resposta a unes necessitats funcionals.

Pel que fa al segon objectiu, s'ha pogut comprovar com les formes geomètriques derivades de la sèrie de Fibonacci i el nombre auri també presenten unes característiques especials que es repeteixen amb assiduitat en la natura. En el cas de l'anatomia humana, també s'ha pogut comprovar experimentalment com la proporció àuria hi és present, tal com havia afirmat Leonardo Da Vinci en el seu moment.

Bibliografia o webgrafia

WEBS: – Diccionari de l'Institut d'Estudis Catalans: <<http://mdlc.iec.cat/>> – Article sobre el cercle de la vida, cercle que conté totes les filogènies conegudes fins ara: <<http://ciencia.ara.cat/fractal/blog/etiqueta/cercle-de-la-vida/>> – Article que tracta sobre les 8 formes i Gaudí: <<https://faircompanies.com/articles/9-disenos-naturales-a-imitar-esfera-fractal-espiral/>> – Treball de recerca sobre la geometria fractal: <<https://maatematica.files.wordpress.com/2013/02/tr-fractals-jorgethiele-2012.pdf>> – Articles sobre la proporció àuria i alguns dels seus exemples aplicats: <<http://matematizaturealidad.blogspot.com/2014/06/la-divina-proporcion-girasoles-ciclones.html>> <<https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd6962.pdf>> <<https://www.naturphilosophie.co.uk/fibonaccis-golden-spiral-relationship-maths-nature/>> – Relació entre el sistema de reproducció de les abelles i els sèrie de Fibonacci: <<https://zt-fnews.wordpress.com/2013/11/06/generaciones-de-abejas-y-numeros-de-fibonacci/>> – La geometria vegetal i el nombre auri: <<http://sobreflora.blogspot.com/2015/03/geometria-vegetal-numero-phi-serie-de.html>> – Article sobre es matemàtiques en els gira-sols: <<https://ecoosfera.com/2012/09/las-matematicas-dentro-de-los-girasol/>>

les/> – Els diferents tipus de línies de tendència: <<https://techlandia.com/13176102/tipos-de-lineas-de-tendencia>> – Diverses entrades al Wikipedia: <<https://www.wikipedia.org/>> –

VÍDEOS: – Vídeo digitalitzat que reflecteix molts dels temes tractats al treball i els enllaça: <<https://www.youtube.com/watch?v=ME-bLr7mGL4>> – QUÈQUICOM (programa de TV3) que parla sobre les abelles i els ruscs: <<http://www.ccma.cat/tv3/alacarta/quequicom/abelles-un-negoci-a-mitges-en-perill/video/4262910/>> – TED Talk de Benoît Mandelbrot: <<https://www.youtube.com/watch?v=ay8OMOs6AQ>> – Entrevista d'Eduard Punset a Benoît Mandelbrot: <https://www.youtube.com/watch?v=npOwA6fXevE&lc=Ugzb0Fvsy_wCs7OkjHh4AaABAg> – Vídeo que tracta l'auto-semblança dels fractals: <<https://www.youtube.com/watch?v=gB9n2gHsHN4>> – TED Talk d'Arthur Benjamin, un matemàtic que parla de la màgia dels nombres de Fibonacci: https://www.ted.com/talks/arthur_benjamin_the_magic_of_fibonacci_numbers/transcript?language=es#t-368931> – LLIBRES: – CORBALÁN, F. *La proporción áurea. El lenguaje matemático de la belleza. – ...y después fue ila forma!* Fundación “la Caixa”. – MORENO CASTILLO, R. *Fibonacci. El primer matemático medieval.* – ALTRES: – CosmoCaixa Barcelona, Museu de Ciència.
