



Històries d'un món connectat per Michele Catanzaro

Accèssit del II Premi Joan Oró a la Divulgació de la Recerca Científica

Convoca l'Associació Catalana de Comunicació Científica (ACCC) amb la col·laboració del Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació (DURSI).

- *2003. El virus informàtic SQL Slammer es difon per la xarxa. En deu minuts, sistemes de control de vol, programes bancaris i serveis d'emergència de tot el món es tornen inservibles.*
- *1911. El govern californià prohibeix la caça de la llúdria marina. Al cap d'un temps, els científics noten una reducció de l'erosió de la costa californiana.*
- *Dècada de 1960. Els districtes de Silicon Valley i Route 128, als EUA, lluiten pel control de la indústria electrònica. Avui, Route 128 ha desaparegut de l'escena.*

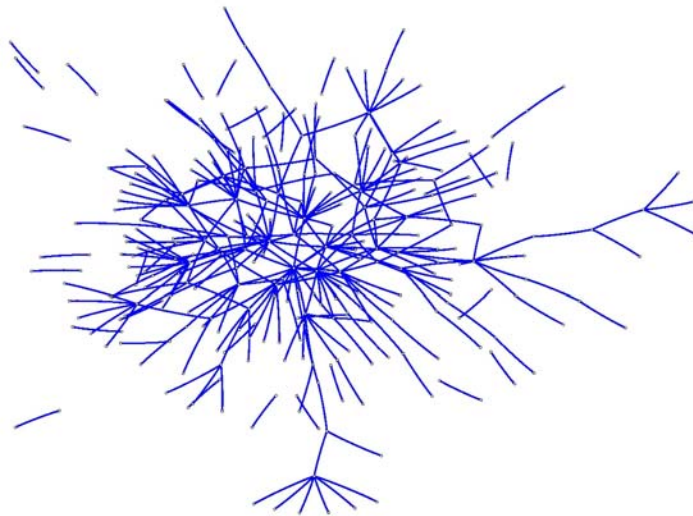
Connexions amagades

Ordinadors connectats a través d'Internet, espècies animals enllaçades per cadenes alimentàries, individus en relació a la tecnologia, a la naturalesa i a la societat s'amaguen complexes arquitectures d'interaccions. A vegades, en aquests escenaris passen històries sorprenents. *SQL Slammer* es va propagar per Internet, autoenviant-se d'una màquina a l'altra i posant-ne fora de joc desenes de milers¹. L'augment de la població de llúdries va desencadenar un *efecte-dòmino* a l'ecosistema californià. Les llúdries es nodreixen d'eriçons de mar, i aquests d'algues, que protegeixen la costa de l'erosió. Inesperadament, amb més llúdries, hi va haver més algues i, llavors, menys erosió². Tant al *Silicon Valley* com al *Route 128* hi havia bones empreses. Però, en el primer centre, era més fàcil que els directius, encara que d'empreses diverses, cooperessin: per això, les idees circulaven molt ràpidament. Al contrari, en el segon, la competició prevalia sobre la cooperació³. Internet, l'ecosistema i les relacions socials comparteixen una estructura comuna. Són xarxes. Miríades de màquines o d'éssers vius que entren en connexió a través d'una complexa arquitectura d'interaccions. Des



de fa decennis, matemàtics⁴, psicòlegs⁵ i sociòlegs⁶ estudien objectes d'aquest tipus. Però, només a finals dels anys noranta va néixer una autèntica *ciència de les xarxes*⁷. Físics, informàtics, biòlegs i economistes han començat a reconèixer en els seus camps la presència d'estructures de xarxa. I a descobrir que tenen alguna cosa en comú.

Fig. 1 : Un xarxa generada amb l'ordinador amb una estructura semblant a la d'Internet (dibuixada amb el programari lliure *Pajek*).



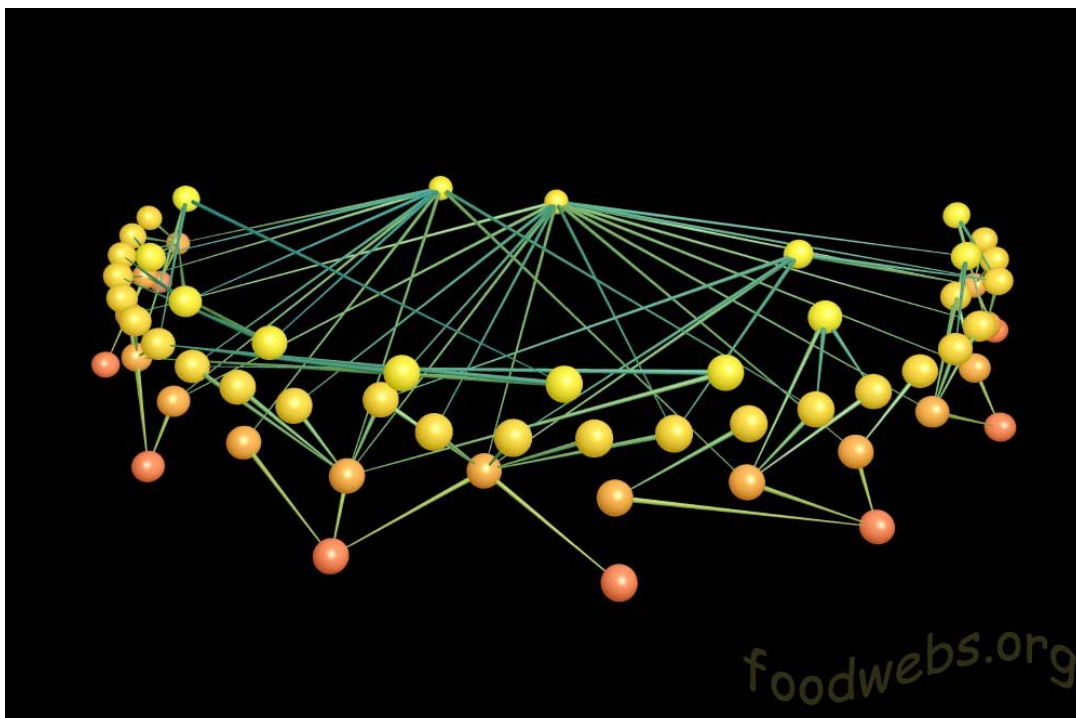
Móns petits

El 1967, el psicòleg americà Stanley Milgram contacta amb centenars de ciutadans americans escollits a l'atzar. Els demana que enviïn una carta a un col·laborador seu de Boston. Però, no facilita l'adreça del destinatari, sinó només el nom. Senzillament, aconsella als participants a l'experiment que enviïn la carta a algú del seu cercle de coneguts. Al cap de poques setmanes, més de la meitat de les cartes han arribat al seu destí. En un país de centenars de milions d'habitants, cada carta ha passat, de mitjana, només per sis mans⁸, abans d'arribar al destinatari. Estem tots molt "més a



prop” del que pensàvem. L’explicació d’aquest sorprenent resultat arriba només a finals dels anys noranta, gràcies a la *ciència de les xarxes*. Internet és fet per milions de màquines. Però, només cal una desena de “salts” d’una màquina a l’altra perquè un paquet d’informació arribi al seu destinatari. L’ecosistema està compost d’innombrables espècies. Però, cadascuna està connectada a totes les altres per cadenes alimentàries extraordinàriament curtes. Els científics són milions. Però, cadascun està en contacte amb tots els altres a través d’una cadena de pocs col·legues, justament com passava al *Silicon Valley*. L’explicació del resultat de Milgram és que les nostres relacions s’estructuren com xarxes. I totes les xarxes són uns *móns petits*⁷.

Fig. 2 : Relacions de predació entre les espècies d’un prat al Regne Unit, cadascuna representada per una esfera. (Imatge cedida pel *Pacific Ecoinformatics and Computational Ecology Lab- www.foodwebs.org*).

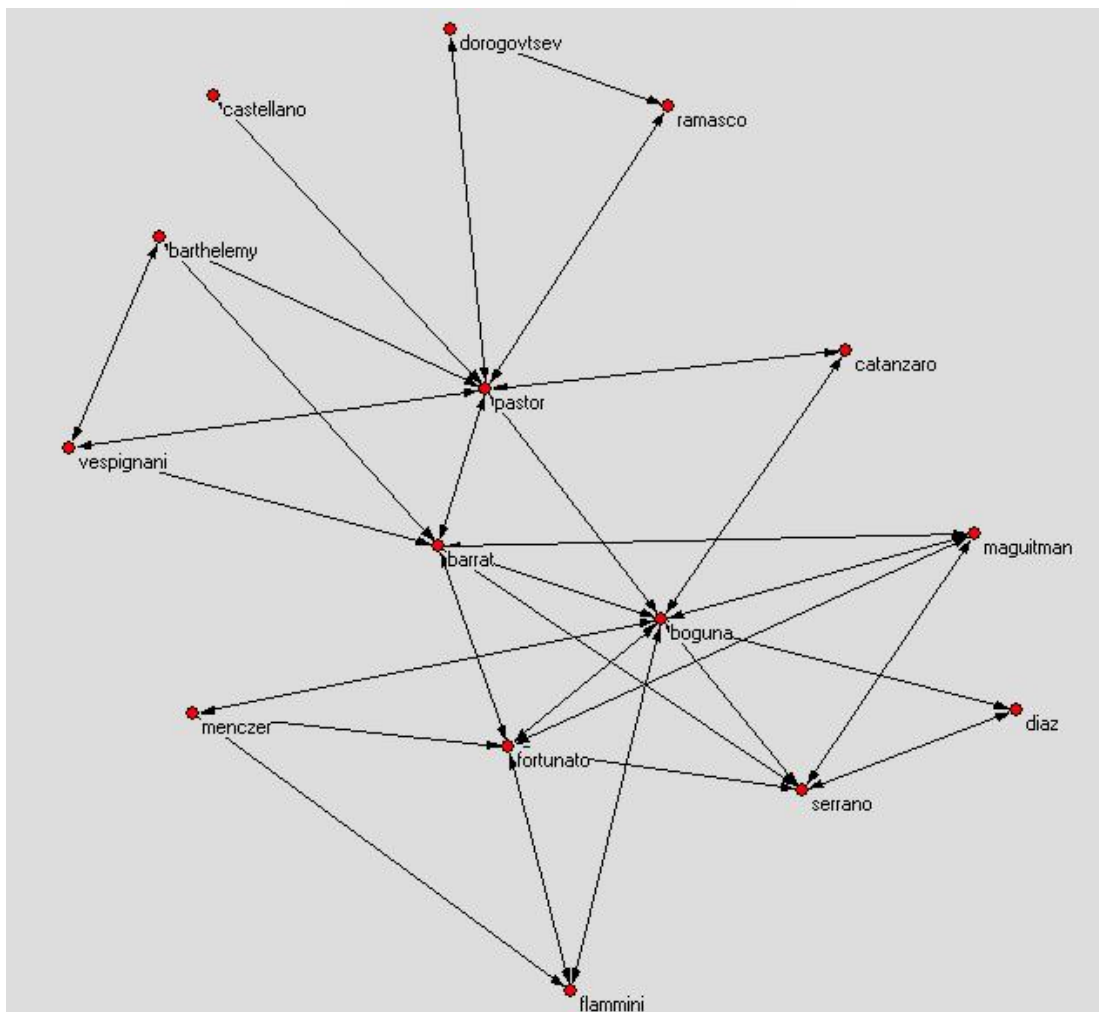




Superconnectors

Dues terceres parts de les cartes rebudes pel col·laborador de Milgram, li van ser lliurades per una única persona: un conegut seu que es deia Mr.Jacobs. Resultava que la majoria de les cadenes que portaven al destinatari passaven per aquesta persona. A vegades, a les revistes de les companyies aèries es troba un mapa del món amb llargues línies dibuixades que indiquen els trajectes dels vols, i moltíssimes d'elles solen passar per grans aeroports, com Frankfurt o Paris. En un cert sentit, Mr.Jacobs tenia un paper semblant al d'aquests aeroports. Gràcies als seus nombrosos contactes socials, feia de *superconnector* de la xarxa social del col·laborador de Milgram. La *ciència de les xarxes* ha revelat que la presència d'un *superconnector* com Mr.Jacobs no és gens anòmla. Al Web, hi ha pàgines amb moltes més connexions que la mitjana, per exemple les dels grans diaris. A l'ecosistema, hi ha *espècies-pern* que alimenten un gran nombre d'animals. A la ciència, hi ha investigadors que tenen centenars de col·laboracions. A les empreses, hi ha directius en contacte amb desenes de col·legues. Els *superconnectors* son típics de moltes estructures de xarxa⁷.

Fig. 3 : Mostra de les col·laboracions de l'autor de l'article durant els últims dos anys (dibuixada amb el programari lliure *Pajek*).



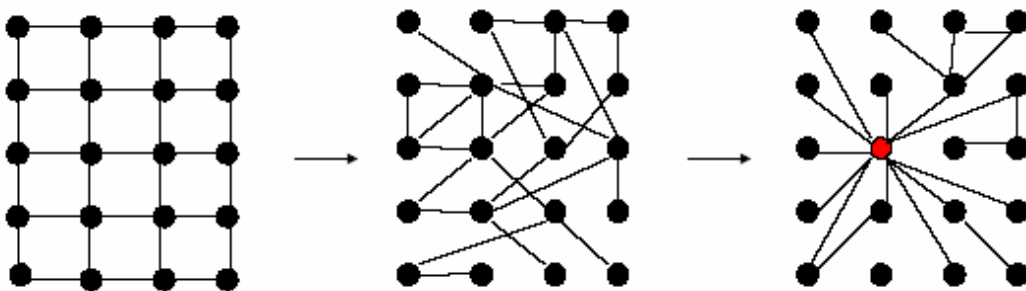
Històries simulades

Estudiar com l'arquitectura de les xarxes influeix en la propagació dels virus informàtics, de les peripècies dels ecosistemes o de la difusió de les idees no és fàcil. Però, fent servir un ordinador i una mica de matemàtiques, es pot construir una xarxa "artificial" i simular dins d'ella una epidèmia virtual, una extinció teòrica o una revolució tecnològica imaginària.⁹ Per començar, es construeix una estructura ordenada, semblant a una graella. La dinàmica de propagació es desenvolupa força lentament



en un ambient d'aquest tipus. Però, si enlloc d'una graella ordenada, es fa servir una xarxa, la propagació s'accelera. Una xarxa és un *món petit*, on tots els elements són "propers": per això virus, idees i intervencions en l'ecosistema es fan sentir ràpidament on menys s'espera. Si, a més, s'introdueixen a la xarxa artificial uns *superconnectors*, s'observa una ulterior acceleració. Com en l'experiment de Milgram, la propagació passa principalment a través dels *superconnectors*. Per exemple, un virus arriba aviat a una màquina amb molts contactes i, quan la contagia, aquesta dissemina la infecció a un gran nombre d'ordinadors. És l'estructura de les interaccions la que determina el desenvolupament de la dinàmica. Les històries que passen en un món connectat no s'entenen, sense entendre l'arquitectura amagada de les seves connexions.

Fig. 4: Una graella, una xarxa i una xarxa amb superconnectors





Bibliografia:

1. R. Zakon, *Hobbes Internet Timeline*, <http://www.zakon.org/robert/internet/timeline> (2000).
2. S. Levin, *Fragile dominion: complexity and the commons*, Perseus (1999).
3. A. Saxenian, *Regional Advantage: culture and competition in Silicon Valley and Route 128*, Harvard University Press, 1984.
4. B. Bollobas, *Random Graphs*, Cambridge University Press, 2001.
5. J.L. Moreno, *Who shall survive?*, Beacon House, 1978.
6. S. Wassermann, K. Faust, D. Iacobucci, M. Granovetter, *Social network analysis*, Cambridge University Press, 1984
7. S.H. Strogatz, *Exploring complex networks*, Nature, 410, 268-276 (2001);
R. Albert, A.L. Barabási, *Statistical mechanics of complex networks*, Reviews of Modern Physics, 74, 47-97 (2002);
8. S. Milgram, *The small-world problem*, Psychology Today, 1(1), 60-67 (1967).
9. M. Catanzaro, M. Boguñá, R. Pastor-Satorras, *Diffusion-annihilation processes in complex networks*, Physical Review E, 71, 056104 (2005).

Sobre l'autor:

Michele Catanzaro és nascut a Roma el 1979. Llicenciat en Física per la Universitat di Roma *La Sapienza*. És estudiant de doctorat de la Universitat Politècnica de Catalunya, on investiga els processos dinàmics i les transicions de fase a les xarxes complexes, sota la direcció del doctor Romualdo Pastor-Satorras. Ha publicat vuit articles en revistes de física. Col·labora en diversos mitjans en català, castellà i italià, dedicant-se a temes científics i culturals.

Centre de recerca

Universitat Politècnica de Catalunya, Departament de Física i Enginyeria Nuclear :
<http://www-fen.upc.es>