



ENTREVISTA A PIERRE LEGENDRE

Ecòleg i professor de la Universitat de Mont-real

«LES ESTRUCTURES ESPACIALS SUBJAUEN A LA MAJORIA DE PROCESSOS ECOLÒGICS»

Francesc Mesquita-Joanes

A pesar d'haver conegut el professor Pierre Legendre en un ambient distès uns dies abans de la nostra entrevista, no podia evitar sentir-me nerviós mentre tocava a la porta de la seua oficina en la Universitat de Mont-real (Canadà). Es tracta d'un dels científics més influents en ecologia quantitativa, conegut sobretot a partir d'un llibre seminal que establia les bases per a l'aplicació de l'estadística a la investigació en ecologia de comunitats, *Écologie numérique* (Masson/Presses de l'Université du Québec, 1979), publicat junt amb el seu germà Louis Legendre. Pierre Legendre és un dels científics més citats (amb més de 75.000 citacions, segons Google Scholar) en temes de medi ambient i ecologia, i ha guanyat diversos premis, incloent-hi l'Excellence in Teaching Award i el Career Achievement Award.

En el llibre titulat *Cartes a un jove científic* (Rosa dels Vents, 2014), Edward O. Wilson anima els joves biòlegs a interessar-se pels mètodes matemàtics, encara que no els atraguen. Està d'acord amb ell?

Sí, per descomptat. La meua primera observació és que, per desgràcia, a molts joves els fan por les matemàtiques. Això probablement és perquè mai els les han ensenyades correctament. S'han ensenyat com un conjunt de regles que un ha de memoritzar i aplicar sense entendre-les, i això és lamentable perquè són justament el contrari. Crec que les matemàtiques són una llengua comuna a totes les ciències perquè descriuen el funcionament del nostre cervell. Hi ha una relació entre la nostra percepció de la naturalesa a través del nostre cervell, els processos lògics que realitzem utilitzant-lo, i la naturalesa, d'un altre costat. Per això, per descomptat, la gent jove que vulga estudiar ciències, i ciències naturals en particular, hauria d'estar molt interessada en les matemàtiques.

Quina va ser la seua experiència ensenyant matemàtiques?

Quan vaig començar a ensenyar matemàtiques en l'institut, va ser tot un repte aconseguir que s'hi interessaren els estudiants. Va ser llavors quan vaig començar a elaborar l'art de «vendre» coses que són difícils, com les matemàtiques, a audiències que tenen un interès menor. Els romans en deien *captatio benevolentiae*. Més tard, quan vaig arribar a la Universitat de Mont-real, la primera assignatura que vaig haver de donar als estudiants de biologia va ser un curs d'introducció a la bioestadística. Generalment, els estudiants que entren en biologia esperen no haver d'enfrontar-se a un número mai de la vida. Són bastant al·lèrgics a les matemàtiques. Així doncs, ensenyar-los bioestadística es considerava

un repte, i jo vaig decidir assumir-lo. Si es dona un discurs *ex cathedra* en què es diu a l'alumnat «això és així i simplement heu d'aprendre-ho i aplicar-ho», no els sembla interessant. Per tant, vaig triar l'enfocament oposat i vaig explicar-los el tipus de problemes biològics per als quals el mètode estadístic que estudiaríem en cada classe era útil. I llavors, mentre estava presentant els passos d'aquest raonament, intentava ensenyar-los com aquests ens ajudaven a solu-

cionar qüestions ecològiques o biològiques. Es tracta d'un mètode d'ensenyança orientat a solucionar problemes que s'acompanyava, per descomptat, de treball pràctic amb un ordinador. Això era difícil de fer en 1980 perquè feia classe a un grup gran, de fins i tot 240 estudiants. Fins que arribaven a aquella assignatura, els estudiants mai havien utilitzat ni s'havien acostat a un ordinador. Usar-ne un els permetia entendre com es podien fer càlculs per a bases de dades de grans proporcions, més grans que els petits problemes que havien de resoldre en el treball que feien a casa. Això representava un progrés en comparació amb les formes anteriors d'ensenyar aquesta assignatura.

Ara, els investigadors poden extraure patrons de grans conjunts de dades de comunitats biològiques utilit-

zant mètodes d'anàlisi molt potents. Però potser no s'adonen del significat ecològic i evolutiu que hi ha darrere d'aquells patrons. Pensa vostè que «la història natural està morint», com afirma Jennifer Frazer en el seu blog de *Scientific American*?

Per desgràcia, tens raó. Les universitats posen especial èmfasi en les tècniques de laboratori. Hem de promoure la idea que els estudiants d'ecologia haurien d'entendre els processos ecològics, i ser capaços de moure's per la naturalesa i veure coses que els turistes no veuen, com ara les propietats emergents de les poblacions o les comunitats naturals. Han après sobre els processos que tenen lloc en la naturalesa en cursos d'ecologia, i haurien de poder relacionar-los amb el que veuen quan observen la naturalesa i la seua flora i fauna. Ensenyar-los a reconèixer espècies i el comportament dels animals o les formes de vida vegetal, i a veure el paper que aquestes representen en els ecosistemes, no és un esforç va. És molt important que ho fem. Però si els estudiants no han experimentat mai aquestes coses en la naturalesa, per a ells hi ha una gran bretxa entre la naturalesa, que amb prou feines comprenen, i la teoria que pugen haver après de les classes i els llibres. Mai no seran bons ecòlegs si no tenen experiència de camp personal.

**«LES MATEMÀTIQUES SÓN UNA LLENGUA
COMUNA A TOTES LES CIÈNCIES PERQUÈ
DESCRIUEN EL FUNCIONAMENT DEL
NOSTRE CERVELL»**

En un article seu sobre un atol en què es realitzaven proves nuclears, es va concloure que la nova comunitat recuperada de mol·luscos estava organitzada de manera aleatòria i molt diferent de l'anterior. Significa això que no podem restaurar ecosistemes alterats pels humans fins al punt en què estaven abans que els destruïrem?

Les conclusions d'aquell article eren més detallades. El treball es va realitzar en un atol on la Direcció de Centres d'Experimentació Nuclear francesa va dur a terme proves nuclears atmosfèriques a finals de la dècada dels seixanta. En aquell moment, els països més avançats estaven desenvolupant armes nuclears, perquè estàvem immersos en la Guerra Freda. I, com que els EUA i l'URSS havien construït armes nuclears, altres països tecnològicament avançats pensaven que havien de fabricar aquest tipus d'armes, així que van realitzar proves subterrànies i aèries. Les primeres proves sovint es feien en terra. Per exemple, els EUA van fer proves a Nou Mèxic i a Nevada, i l'URSS a



Francisc Mesquita-Joanes

**«ELS ORGANISMES NO ES DISTRIBUEIXEN
DE MANERA ALEATÒRIA PER L'ENTORN.
SI HO FEREN, LA NATURALESA NO
PODRIA FUNCIONAR»**



Semipalatinsk, a Kazakhstan. Però a mesura que augmentava la potència de les armes, els EUA van traslladar les seues proves a les illes del Pacífic i l'URSS, a illes pròximes a les costes àrtiques. Tots els països van traslladar les seues zones de proves a illes, i en el cas de França, després de les seues primeres proves al Sàhara algerià, van traslladar els llocs de prova a dos atols, Mururoa i Fangataufa, a la Polinèsia Francesa, amb un acord que prometia lliurar-los aquells atols després d'acabar les proves (com així es va fer). França, fins on jo sé, és l'únic país que va encarregar a un grup de científics no militars estudiar de manera continuada en el temps diversos grups d'organismes biològics, i examinar-los abans que començaren les proves per comprovar l'estat «zero» amb el qual comparar la recuperació després de les proves. França també és l'únic país que va permetre publicar els resultats científics d'aquests estudis sense cap restricció. Així que li van demanar al meu company Bernard Salvat que formara part dels primers estudis de l'atol de Fangataufa, en què s'anaven a realitzar les proves. Va organitzar i va dur a terme l'estudi abans i després de les proves nuclears, durant trenta anys. Em va invitar a formar part de l'últim examen de Fangataufa, que va tenir lloc en 1997. Tot seguit vam utilitzar les dades de tots aquests estudis i vam publicar un article en 2015 en la revista britànica *Proceedings of the Royal Society B*.

Però com van estudiar els efectes d'una bomba nuclear en l'ecosistema i els efectes en els organismes?

Es van arreplegar mol·luscos de tres esculls, tant en la part plana com en la vora de l'escull, on viuen els mol·luscos, prop de la superfície de l'aigua, i també en la zona supramareal, en l'escull superior, que està sec la major part dels mesos perquè només hi arriben les mareas a la primavera. Volíem posar a prova teories ecològiques modernes sobre la recuperació de comunitats després d'una pertorbació, que en aquest cas es devia a les proves nuclears atmosfèriques. La majoria dels mol·luscos van ser destruïts durant les proves, consistents a fer explotar una bomba sobre la llacuna de l'atol, en una plataforma sostinguda per un globus. Durant els mesos i anys que van seguir a les proves, les larves de l'oceà obert van recolonitzar els esculls. Va resultar que, en la zona supramareal que roman seca la

major part del temps, només unes poques espècies recolonitzadores van poder sobreviure a la dessecació en les condicions tropicals de sequedat i calor, per la qual cosa vam trobar les mateixes espècies de mol·luscos abans i després de les proves, ja que són les úniques espècies que poden sobreviure allí. Les condicions ambientals van filtrar la majoria d'espècies i només van deixar unes poques que estaven adaptades per a sobreviure en aquestes dures condicions. Però en la part plana i la vora de l'escull, banyades per les mareas cada dia i on alguns dels mol·luscos poden romandre tot el temps en l'aigua, van créixer noves comunitats, i vam poder analitzar com continuaven canviant amb el pas dels anys. Prompte es van tornar tan diverses com les comunitats anteriors a les proves, però la composició per espècies era diferent. Això significa que algun tipus de procés aleatori estava afectant la zona. El que vam descobrir durant aquells anys és que fins i tot després que la diversitat alfa [local] arribara a ser equivalent als valors anteriors a les proves en cada escull, les comunitats continuaven canviant amb el temps. Vam concloure el nostre article dient que la naturalesa havia recuperat el seu dret sobre la composició de la comunitat d'aquest atol, amb el mateix tipus de variabilitat al llarg del temps que mostra abans de les proves. Així doncs, no hi havia rastres en la comunitat de l'esdeveniment catastròfic que havien representat les explosions nuclears.



Francesc Mesquite-Boanes

**«ELS ESTUDIANTS MAI
SERAN BONS ECÒLEGS
SI NO TENEN
EXPERIÈNCIA DE CAMP
PERSONAL»**

Aquest missatge suggereix que la naturalesa es pot recuperar bastant ràpidament, si li ho permetem.

Sí, i això és el que no ocorre en molts dels nostres entorns urbanitzats, on la contaminació augmenta amb el temps i la naturalesa no té temps mai de recuperar-se.

El seu treball sobre l'autocorrelació espacial (és a dir, que les dades arreplegades en llocs més pròxims també són més semblants) ha estat molt influent. Això, d'alguna manera, està relacionat amb la teoria neutral de la biodiversitat desenvolupada per Stephen Hubbell, per la importància de la distribució espacial dels organismes, com aquelles larves de mol·luscos que estaven més prop de l'atol i podien colonitzar-lo. Però això no contravé la visió paradigmàtica del nínxol i la importància de les adaptacions darwinianes en ecologia?

Bé, ja sap que la teoria neutral en ecologia ve directament de la teoria neutral en genètica. La terminologia ve de la genètica. I sabem que molts gens es consideren neutrals perquè no hi ha proves clares que estiguen sotmesos a pressió selectiva. En realitat estem en una mescla, tant en evolució com en ecologia, entre el filtrat ambiental, la selecció en genètica, i els processos neutrals. En algun moment entre finals de la dècada dels setanta i els vuitanta, els geògrafs estadístics van desenvolupar una teoria sobre la importància de l'autocorrelació espacial i com enfrontar-s'hi quan observem la relació entre altres variables. Els genetistes es van unir ràpidament. Potser Robert Sokal va ser el primer genetista a adonar-se de la seua importància. I més avant també els ecòlegs. La correlació espacial es considerava un problema per a provar la significació de la relació entre altres variables. Si estaven correlacionades espacialment, les proves de significació no tenien l'error correcte de tipus I [podia haver-hi falsos positius de relacions entre variables a causa d'estructures espacials subjacents, per exemple per simple proximitat, que no es tingueren en compte], i què podíem fer llavors? Per tant, la correlació espacial es considerava una molèstia, un enemic, un factor contra el qual lluitar. I després, en algun moment vaig escriure un article provocatiu que va acabar publicant-se en *Ecology* en 1993, en el qual explicava que les estructures espacials subjauen a la majoria de processos ecològics. Els organismes no es distribueixen de manera aleatòria per l'entorn. Si ho feren, llavors la naturalesa senzillament no podria funcionar. I vaig arribar a la conclusió que, a l'hora d'analitzar dades, hem d'aplicar un mètode que tinga en compte la correlació espacial, però no hauríem d'intentar eliminar-la. Si l'eliminem, llevem un dels determinants més importants dels processos ecològics. Al contrari, hem de considerar que és una propietat molt important que és necessari estudiar per ella mateixa. I llavors vam començar a desenvolupar mètodes que permeteren fer proves estadístiques correctes en presència de correlació espacial.

Llavors, per a comprendre per què hi ha més biodiversitat en un lloc que en un altre, és perquè hi ha un equilibri entre els efectes espacials i ambientals? O és

que també necessitem temps per a recuperar-nos de les alteracions i permetre la diversificació?

Tenim tots aquests factors, i bona part del treball actual, tant en ecologia teòrica com en l'anàlisi de dades reals de camp, és buscar l'equilibri entre aquests diferents processos. I aquesta és també la raó per la qual necessitem estudis ecològics a llarg termini, per comprovar com poden canviar els diferents tipus de mecanismes al llarg del temps. Per descomptat, és difícil obtenir o produir aquestes sèries ecològiques a llarg termini. A menys que tinguen el suport ferm de programes de finançament públic. Els programes en

tot el món de recerca ecològica a llarg termini (LTER, per les seues sigles en anglès) intenten cobrir aquest buit. Necessitem sèries que s'estudien al llarg del temps, i això requereix plans governamentals que financen aquests programes de manera continuada, ja que podem aprendre'n d'aquests.

En el futur podríem aprofitar els nous mètodes i idees per a aconseguir conservar millor la biodiversitat?

Pense que ara estem en aquell punt en què els nostres mètodes d'anàlisi de comunitats són multivariants i els nostres mètodes d'anàlisi d'estructures espacials estan bastant desenvolupats perquè els podem aplicar a qüestions relacionades amb la conservació. Un dels meus estudiants de doctorat treballa en el disseny de reserves naturals. I no sols en el disseny

en un sentit fixat, sinó per a veure com s'haurien de redissenyar les reserves naturals tenint en compte el progrés del canvi climàtic. Una mena de disseny dinàmic d'aquestes reserves. I, per descomptat, hauríem de combinar els nostres descobriments amb el coneixement adquirit pels especialistes d'altres laboratoris. Aquest és un problema molt interessant, i tot un repte. En definitiva, pense que hem arribat a un punt en què podem aproximar-nos a aquests problemes d'una manera profunda i científica. ☺



Francesc Mesquita-Joanes

**«NECESSITEM
ESTUDIS ECOLÒGICS
A LLARG TERMINI, PER
COMPROVAR COM PODEN
CANVIAR ELS DIFERENTS
TIPUS DE MECANISMES
AL LLARG DEL TEMPS»**

Francesc Mesquita-Joanes. Investigador de l'Institut Cavanilles de Biodiversitat i Biologia Evolutiva de la Universitat de València.