



ENTREVISTA A PIERRE LEGENDRE

Ecólogo y profesor de la Universidad de Montreal

«LAS ESTRUCTURAS ESPACIALES SUBYACEN A LA MAYORÍA DE PROCESOS ECOLÓGICOS»

Francesc Mesquita-Joanes

Pese a haber conocido al profesor Pierre Legendre en un ambiente distendido unos días antes de nuestra entrevista, no podía evitar sentirme nervioso mientras llamaba a la puerta de su oficina en la Universidad de Montreal (Canadá). Se trata de uno de los científicos más influyentes en ecología cuantitativa, conocido sobre todo a partir de un libro seminal que sentaba las bases para la aplicación de la estadística a la investigación en ecología de comunidades, *Écologie numérique* (Masson/Presses de l'Université du Québec, 1979), publicado junto a su hermano Louis Legendre. Pierre Legendre es uno de los científicos más citados (con más de 75.000 citaciones, según Google Scholar) en temas de medio ambiente y ecología, y ha ganado diversos premios, incluyendo el Excellence in Teaching Award y el Career Achievement Award.

En el libro titulado *Cartas a un joven científico* (Debate, 2013), Edward O. Wilson anima a que los jóvenes biólogos se interesen por los métodos matemáticos, incluso aunque no les atraigan. ¿Está de acuerdo con él?

Sí, por supuesto. Mi primera observación es que, por desgracia, muchos jóvenes le tienen miedo a las matemáticas. Esto se debe probablemente al hecho de que nunca se las han enseñado correctamente. Se han enseñado como un conjunto de reglas que uno debe memorizar y aplicar sin entenderlas, y esto es lamentable porque son justamente lo contrario. Creo que las matemáticas son una lengua común a todas las ciencias porque describen el funcionamiento de nuestro cerebro. Existe una relación entre nuestra percepción de la naturaleza a través de nuestro cerebro, los procesos lógicos que realizamos utilizándolo, y la naturaleza, por otro lado. Por eso, por supuesto, la gente joven que quiera estudiar ciencias, y ciencias naturales en particular, debería estar muy interesada en las matemáticas.

¿Cuál fue su experiencia enseñando matemáticas?

Cuando comencé a enseñar matemáticas en el instituto, fue todo un reto conseguir interesar a los estudiantes. Fue entonces cuando empecé a desarrollar el arte de «vender» cosas que son difíciles, como las matemáticas, a audiencias que tienen un interés menor. Los romanos lo llamaban *captatio benevolentiae*. Más tarde, cuando llegué a la Universidad de Montreal, la primera asignatura que tuve que dar a los estudiantes de biología fue un curso de introducción a la bioestadística. Por lo general, los estudiantes que entran en biología esperan no tener que enfrentarse a un número nunca jamás. Son bastante alérgicos a las matemáticas. Así que enseñarles bioestadística se consideraba un desafío, y yo decidí asumirlo. Si se da un discurso *ex cathedra* en el que se dice al alumnado «esto es así y simplemente tenéis que aprenderlo y aplicarlo», no les resulta

interesante. Por lo tanto, tomé el enfoque opuesto y les expliqué el tipo de problemas biológicos para los que el método estadístico que íbamos a estudiar en cada clase resultaba útil. Y entonces, mientras estaba presentando los pasos de este razonamiento, intentaba enseñarles cómo estos nos ayudaban a solucionar cuestiones ecológicas o biológicas. Se trata de un método de enseñanza orientado a la solución de problemas que se acompañaba, por supuesto, de trabajo práctico con un ordenador. Esto era difícil de hacer en 1980 porque daba clase a un grupo grande, de incluso 240 estudiantes. Hasta que llegaban a aquella asignatura, los estudiantes nunca habían utilizado ni se habían acercado a un ordenador. Usarlo les permitía entender cómo se podían hacer cálculos para bases de datos de gran tamaño, más grandes que los pequeños problemas que tenían que resolver en el trabajo que realizaban en casa. Esto representaba un progreso en comparación con las formas anteriores de enseñar esta asignatura.

«LOS ESTUDIANTES DE ECOLOGÍA DEBERÍAN ENTENDER LOS PROCESOS ECOLÓGICOS, Y SER CAPACES DE MOVERSE POR LA NATURALEZA Y VER COSAS QUE LOS TURISTAS NO VEN»

Ahora, los investigadores pueden extraer patrones de grandes conjuntos de datos de comunidades biológicas utilizando métodos de análisis muy potentes. Pero tal vez no se den cuenta del significado ecológico y evolutivo tras esos patrones. ¿Usted cree que «la historia natural está muriendo», como afirma Jennifer Frazer en su blog de *Scientific American*?

Por desgracia, tienes razón. Las universidades ponen especial énfasis en las técnicas de laboratorio. Tenemos que promover la idea de que los estudiantes de ecología deberían entender los procesos ecológicos, y ser capaces de moverse por la naturaleza y ver cosas que los turistas no ven, tales como las propiedades emergentes de las poblaciones o las comunidades naturales. Han aprendido sobre los procesos que tienen lugar en la naturaleza en cursos de ecología, y deberían poder relacionarlos con lo que ven cuando observan la naturaleza y su flora y fauna. Enseñarles a reconocer especies y el comportamiento de los animales o las formas de vida vegetal, y a ver el papel que estas representan en los ecosistemas, no es un esfuerzo vano. Es muy importante que lo hagamos. Pero si los estudiantes nunca han experimentado estas cosas en la naturaleza, para ellos

**«LAS MATEMÁTICAS SON UNA LENGUA
COMÚN A TODAS LAS CIENCIAS PORQUE
DESCRIBEN EL FUNCIONAMIENTO DE
NUESTRO CEREBRO»**

existe una gran brecha entre la naturaleza, que apenas comprenden, y la teoría que puedan haber aprendido de las clases y los libros. Nunca serán buenos ecólogos si no tienen experiencia de campo personal.

En un artículo suyo sobre un atolón en el que se realizaban pruebas nucleares, se concluyó que la nueva comunidad recuperada de moluscos estaba organizada de forma aleatoria y muy diferente a la anterior. ¿Significa esto que no podemos restaurar ecosistemas alterados por los humanos hasta el punto en el que estaban antes de que los destruyéramos?

Las conclusiones de ese artículo eran más detalladas. El trabajo se realizó en un atolón donde la Dirección de Centros de Experimentación Nuclear francesa llevó a cabo pruebas nucleares atmosféricas a finales de la década de los sesenta. En aquel momento, las naciones más avanzadas estaban desarrollando armas nucleares, porque estábamos inmersos en la Guerra Fría. Y, como los EE UU y la URSS habían desarrollado armas nucleares, otros países tecnológicamente avanzados pensaban



Francisco Mesquita-Joanes

**«LOS ORGANISMOS NO SE DISTRIBUYEN
DE MANERA ALEATORIA POR EL ENTORNO.
SI LO HICIERAN, LA NATURALEZA NO
PODRÍA FUNCIONAR»**



que tenían que desarrollar este tipo de armas, así que realizaron pruebas subterráneas y aéreas. Las primeras pruebas se realizaban a menudo en tierra. Por ejemplo, los EEUU realizaron pruebas en Nuevo México y en Nevada, y la URSS en Semipalatinsk, en Kazajistán. Pero según aumentaba la potencia de las armas, los EEUU trasladaron sus pruebas a las islas del Pacífico y la URSS, a islas cercanas a las costas árticas. Todos los países trasladaron sus zonas de pruebas a islas, y en el caso de Francia, después de sus primeras pruebas en el Sáhara argelino, trasladaron los lugares de prueba a dos atolones, Mururoa y Fangataufa, en la Polinesia Francesa, con un acuerdo que prometía entregarles esos atolones después de acabar las pruebas (como así se hizo). Francia, hasta donde yo sé, es el único país que encargó a un grupo de científicos no militares estudiar de forma continuada en el tiempo diversos grupos de organismos biológicos, y examinarlos antes de que comenzaran las pruebas para comprobar el estado «cero» con el que comparar la recuperación después de las pruebas. Francia también es el único país que permitió la publicación de los resultados científicos de estos estudios sin ninguna restricción. Así que se pidió a mi compañero Bernard Salvat que formara parte de los primeros estudios del atolón de Fangataufa, en el que se iban a realizar las pruebas. Organizó y llevó a cabo el estudio antes y después de las pruebas nucleares, durante treinta años. Me invitó a formar parte del último examen de Fangataufa, que tuvo lugar en 1997. A continuación utilizamos los datos de todos estos estudios y publicamos un artículo en 2015 en la revista británica *Proceedings of the Royal Society B*.

¿Pero cómo estudiaron los efectos de una bomba nuclear en el ecosistema y lo que ocurrió con los organismos?

Se recogieron moluscos de tres arrecifes, tanto en la parte plana como en el borde del arrecife, donde viven los moluscos, cerca de la superficie del agua, y también en la zona supramareal, en el arrecife superior, que está seco la mayor parte de los meses porque solo lo alcanzan las mareas en primavera. Queríamos poner a prueba teorías ecológicas modernas sobre la recuperación de comunidades después de una perturbación, que en este caso se debía a las pruebas nucleares atmosféricas. La mayoría de los moluscos fueron destruidos

durante las pruebas, consistentes en hacer explotar una bomba sobre la laguna del atolón, en una plataforma sostenida por un globo. Durante los meses y años que siguieron a las pruebas, las larvas del océano abierto recolonizaron los arrecifes. Resultó que, en la zona supramareal que permanece seca la mayor parte del tiempo, solo unas pocas especies recolonizadoras pudieron sobrevivir a la desecación en las condiciones tropicales de sequedad y calor, por lo que encontramos las mismas especies de moluscos antes y después de las pruebas, ya que son las únicas especies que pueden sobrevivir allí. Las condiciones ambientales filtraron

la mayoría de especies y solo dejaron unas pocas que estaban adaptadas para sobrevivir en estas duras condiciones. Pero en la parte plana y el borde del arrecife, bañadas por las mareas cada día y donde algunos de los moluscos pueden permanecer todo el tiempo en el agua, se desarrollaron nuevas comunidades, y pudimos analizar cómo seguían cambiando con el paso de los años. Pronto se volvieron tan diversas como las comunidades anteriores a las pruebas, pero la composición por especies era diferente. Esto significa que algún tipo de proceso aleatorio estaba afectando a la zona. Lo que descubrimos durante esos años es que incluso después de que la diversidad alfa [local] llegara a ser equivalente a los valores anteriores a las pruebas en cada arrecife,

las comunidades seguían cambiando con el tiempo. Concluimos nuestro artículo diciendo que la naturaleza había recuperado su derecho sobre la composición de la comunidad de este atolón, con el mismo tipo de variabilidad a lo largo del tiempo que mostraba antes de las pruebas. Por lo tanto no había rastros en la comunidad del evento catastrófico que habían supuesto las explosiones nucleares.

Este mensaje sugiere que la naturaleza se puede recuperar bastante rápido, si se lo permitimos.

Sí, y eso es lo que no ocurre en muchos de nuestros entornos urbanizados, donde la contaminación aumenta con el tiempo, por lo que la naturaleza nunca tiene tiempo de recuperarse.

Su trabajo sobre la autocorrelación espacial (es decir, que los datos recogidos en lugares más cercanos también son más similares) ha sido muy influyente. Esto, de alguna manera, está relacionado con la teoría neutral de



Francisco Mesquita-Joanes

**«LOS ESTUDIANTES
NUNCA SERÁN BUENOS
ECÓLOGOS SI NO TIENEN
EXPERIENCIA DE CAMPO
PERSONAL»**

la biodiversidad desarrollada por Stephen Hubbell, por la importancia de la distribución espacial de los organismos, como aquellas larvas de moluscos que estaban más cerca del atolón y podían colonizarlo. ¿Pero esto no contraviene la visión paradigmática del nicho y la importancia de las adaptaciones darwinianas en ecología?

Bueno, ya sabe que la teoría neutral en ecología viene directamente de la teoría neutral en genética. La terminología viene de la genética. Y sabemos que muchos genes se consideran neutrales porque no existen pruebas claras de que estén sometidos a presión selectiva. En realidad estamos en una mezcla, tanto en evolución como en ecología, entre el filtro ambiental, la selección en genética, y los procesos neutrales. En algún momento entre finales de la década de los setenta y los ochenta, los geógrafos estadísticos desarrollaron una teoría sobre la importancia de la autocorrelación espacial y cómo enfrentarse a ella cuando observamos la relación entre otras variables. Los genetistas se unieron rápidamente. Quizás Robert Sokal fue el primer genetista en darse cuenta de su importancia. Y más adelante también los ecólogos. La correlación espacial se consideraba un problema para probar la significación de la relación entre otras variables. Si estaban correlacionadas espacialmente, las pruebas de significación no tenían el error correcto de tipo I [podía haber falsos positivos de relaciones entre variables debido a estructuras espaciales subyacentes, por ejemplo por simple proximidad, que no se tuvieran en cuenta], y ¿qué podíamos hacer entonces? Por lo tanto, la correlación espacial se consideraba una molestia, un enemigo, algo contra lo que luchar. Y después, en algún momento escribí un artículo provocativo que acabó por publicarse en *Ecology* en 1993, en el que explicaba que las estructuras espaciales subyacen a la mayoría de procesos ecológicos. Los organismos no se distribuyen de manera aleatoria por el entorno. Si lo hicieran, entonces la naturaleza sencillamente no podría funcionar. Y llegué a la conclusión de que, al analizar datos, tenemos que usar un método que tenga en cuenta la correlación espacial, pero no deberíamos intentar eliminarla. Si la eliminamos, quitamos uno de los determinantes más importantes de los procesos ecológicos. Por el contrario, tenemos que considerar que es una propiedad muy importante que es necesario estudiar por sí misma. Y entonces comenzamos a desarrollar métodos que permitieran hacer pruebas estadísticas correctas en presencia de correlación espacial.

**«NECESITAMOS ESTUDIOS
ECOLÓGICOS A LARGO
PLAZO, PARA COMPROBAR
CÓMO PUEDEN CAMBIAR
LOS DIFERENTES TIPOS DE
MECANISMOS A TRAVÉS DEL
TIEMPO»**

Entonces, para comprender por qué hay más biodiversidad en un lugar que en otro, ¿es porque existe un equilibrio entre los efectos espaciales y ambientales? ¿O es que también necesitamos tiempo para recuperarnos de las alteraciones y permitir la diversificación?

Tenemos todos estos factores, y buena parte del trabajo actual, tanto en ecología teórica como en el análisis de datos reales de campo, consiste en buscar el equilibrio entre estos diferentes procesos. Y esta es también la razón por la que necesitamos estudios ecológicos a largo plazo, para comprobar cómo pueden cambiar los diferentes tipos de mecanismos a través del tiempo. Por supuesto, es difícil obtener o producir estas series ecológicas a largo plazo. A menos que tengan el firme apoyo de programas de financiación pública. Los programas en todo el mundo de investigación ecológica a largo plazo (LTER, por sus siglas en inglés) intentan cubrir ese hueco. Necesitamos series que se estudien a lo largo del tiempo, y esto requiere planes gubernamentales que financien estos programas de forma continuada, puesto que podemos aprender mucho de ellos.

¿Cree que en el futuro podríamos aprovechar los nuevos métodos e ideas para lograr una mejor conservación de la biodiversidad?

Pienso que ahora estamos en ese punto en el que nuestros métodos de análisis de comunidades son multivariantes y nuestros métodos de análisis de estructuras espaciales están lo suficientemente desarrollados como para que los podamos aplicar a cuestiones relacionadas con la conservación. Uno de mis estudiantes de doctorado está trabajando en el diseño de reservas naturales. Y no solo en el diseño en un sentido fijo, sino en cómo se deberían rediseñar las reservas naturales teniendo en cuenta el progreso del cambio climático. Una especie de diseño dinámico de estas reservas. Y, por supuesto, deberíamos combinar nuestros descubrimientos con el conocimiento adquirido por los especialistas de otros laboratorios. Este es un problema muy interesante, y todo un reto. En definitiva, creo que hemos llegado a un punto en el que podemos aproximarnos a estos problemas de una forma profunda y científica. ☺

Francese Mesquita-Joanes. Investigador del Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva de la Universitat de València.