

Ensamblando piezas: de linajes a comunidades

Paula Arribas Blázquez^{1,2}

1. Department of Life Sciences, Natural History Museum, Londres, Reino Unido
2. Department of Life Sciences, Imperial College London, Londres, Reino Unido
p.arribas@nhm.ac.uk

EL PUZLE DE LA BIODIVERSIDAD

¿Cuántas especies existen actualmente?, ¿dónde están?, ¿qué factores determinan su distribución y cuáles gobiernan su origen y desaparición? Estas cuestiones añejas, que ya quebraban la cabeza de Darwin, Wallace y algunos de sus antecesores, son aún hoy en día tópicos sólo parcialmente resueltos. Como quien pretende reconstruir un puzle de miles de piezas tratando de identificar y ensamblar en primer lugar aquellas piezas que conforman el marco, los estudiosos de la biodiversidad de nuestro planeta se han aproximado a ésta mayoritariamente a través de aquellos sistemas más sencillos, más cercanos. Así, el conocimiento de la biodiversidad está fuertemente sesgado hacia los organismos vertebrados, los climas templados y los sistemas donde las herramientas de las que disponíamos permitían extraer, delimitar y entender la biodiversidad. No nos ha ido mal recomponiendo el marco de este puzle, entre otras muchas cosas sabemos que el mayor número de especies está en la franja ecuatorial y decrece progresivamente hacia los polos, conocemos el proceso general por el que nuevas especies surgen y desaparecen, y hemos identificado muchos de los factores que interconectados estructuran biodiversidad desde la escala planetaria a la de microhábitat. Sin embargo, las presiones que los humanos hemos ejercido durante años sobre la biodiversidad, y en particular en los últimos siglos, nos imponen una paradójica realidad: estamos perdiendo piezas a una tasa mayor de la que colocamos nuevas y a su vez necesitamos entender el ensamblaje de este puzle para detener la pérdida incesable. Y para esto, las piezas centrales, esas piezas difíciles, indistinguibles, acumuladas en el montón a la espera de ser colocadas, pueden tener la clave.

INICIO DE UNA AVENTURA: LA BIODIVERSIDAD SALINA

Desde que recuerdo me ha gustado la naturaleza o he asumido que me gustaba, en parte por la impronta marcada por mis padres. Así, de una manera natural tenía muy claro que quería estudiar Ciencias Ambientales y también que quería adentrarme en el estudio de la biodiversidad. Por ello, en cuanto tuve oportunidad empecé a ser alumna interna en el Departamento de Ecología e Hidrología de la Universidad de Murcia, donde de una manera (de nuevo) natural e inconsciente, empecé en el mundo de la ciencia. Allí mismo y

gracias a un contrato predoctoral del gobierno de España (programa FPU para la formación de profesorado universitario), empecé mi tesis en el grupo de Ecología Acuática (Ecoaqu) bajo la supervisión de Andrés Millán, Josefa Velasco y Pedro Abellán. Una tesis que estaba centrada en el estudio de los distintos linajes de coleópteros acuáticos que habitan los ambientes salinos del Mediterráneo. Estos insectos, 'bichos' acuáticos de lugares tan poco valorados como las ramblas salinas, están irremediamente en el montón de las piezas centrales del puzle, aquellas olvidadas y con una alta probabilidad de perderse.



Figura 1. *Enochrus jesuarribasi*, coleóptero acuático endémico del sureste ibérico que habita ríos y ramblas hipersalinas. Esta especie presenta una capacidad de dispersión muy limitada y ha sido propuesta como 'Vulnerable' en base a los criterios de la IUCN (foto: Jesús Arribas Merino).

Los ambientes acuáticos salinos, relativamente comunes en la cuenca mediterránea pero raros y singulares en el contexto europeo, son lugares que han sido muy poco estudiados y considerados desde el punto de vista de la conservación. Es por ello por lo que, desafortunadamente, en la últimas décadas están sufriendo un importante y creciente proceso de degradación. Las sales, presentes de forma natural en estos sistemas, imponen importantes restricciones a su colonización, por lo que las comunidades que los habitan están constituidas por pocas especies con un alto grado de especialización para vivir en condiciones altamente

estresantes. Entre estas especies salinas los coleópteros son unos de los grupos más diversos, especializados y amenazados, como ya habían destacado distintos trabajos de este grupo de investigación. Por ello, en mi tesis usamos estos insectos como modelo para estudiar la biodiversidad 'oculta' de los sistemas acuáticos salinos, identificar los procesos ecológicos y evolutivos que determinan la diversificación y distribución de sus especies y así intentar evaluar su vulnerabilidad actual y futura. Para ello, me vi envuelta en un proceso tremendamente enriquecedor donde me formé en la biología y sistemática de estos 'bichillos', en técnica y teoría de biología molecular, fisiología y modelado ecológico, viajé por la península ibérica y Marruecos para muestrear estos ambientes y realicé estancias trimestrales en el Instituto de Biología Evolutiva (CSIC, Barcelona) y en la Universidad de Plymouth y de Aarhus (Reino Unido y Dinamarca respectivamente). Colaboré, trabajé, sufrí y sentí una tremenda satisfacción. Así, y gracias a la integración de la información que obtuvimos de las distintas disciplinas que abordamos, entendimos por ejemplo cómo estas especies parecen haber colonizado los sistemas salinos durante periodos de aridificación global del planeta pues, en estos organismos acuáticos, el proceso de adaptación a la salinidad parece estar estrechamente relacionado con el de adaptación a la desecación. Identificamos que los sistemas salinos mediterráneos (y particularmente los de aguas corrientes, i.e. arroyos y ramblas) se comportan como 'islas salinas' en el territorio, y así, el aislamiento espacial parece ser el principal motor de generación de biodiversidad en estos sistemas, promoviendo una alta diversidad genética sin aparente cambio morfológico en los organismos que los habitan. También inferimos que la capacidad de estos organismos salinos de responder ante el calentamiento global (i.e. de mantener sus poblaciones actuales en el futuro y/o desplazarse a otras áreas) podría ser menor de lo que *a priori* se esperaba, por lo que su vulnerabilidad ante este impacto en el futuro cercano podría ser significativa.

En paralelo con todo este conocimiento adquirido aprendí qué era la ciencia y atisé las luces y las (crecientes) sombras del sistema científico español. La mejor metáfora que se me ocurre para describir el proceso de descubrimiento de esta dualidad, visto desde la perspectiva que me da el tiempo, es la de 'subir una montaña de arena'. Conforme más avanzaba en mi tesis, más ganas tenía de ser investigadora y más aprendía junto con mis compañeros, avanzando juntos como un bloque. Pero la ilusión y empuje ascendente que sentíamos, el que recuerdo, contrastaba con la sensación de que el sistema, la universidad pública, se desmoronaba bajo nuestros pies. Recuerdo unos últimos años de tesis apasionantes personal y profesionalmente, pero que desgraciadamente estuvieron marcados por un entorno de

precariedad y poco futuro, donde todo lo que se había construido con mucho esfuerzo se estaba demoliendo y donde los de la base del sistema científico, no teníamos cabida, voz, ni voto.

DE MURCIA A LONDRES: LA BIODIVERSIDAD BAJO NUESTROS PIES

Pocos meses después de terminar mi tesis, a principios del 2014 tuve la fortuna de conseguir un contrato postdoctoral de la Royal Society UK (programa Internacional Newton) para continuar mi investigación en el Natural History Museum/Imperial College de Londres (NHM/Imperial) en el grupo de Alfried Vogler (Biodiversity lab), de nuevo intentando ver cómo el ensamblaje de otro puñado de piezas podría ayudarnos a entender y manejar otro montón de biodiversidad 'oculta', en este caso en el suelo. Se estima que al menos el 25% de las especies de animales de La Tierra están en el suelo, pero sin embargo nuestro conocimiento sobre estas comunidades es extremadamente escaso, hasta el punto de ser consideradas una de las últimas 'fronteras bióticas' para la ciencia, junto con el dosel de la selva o las fosas abisales. Los minúsculos artrópodos que habitan el suelo, principalmente escarabajos, ácaros y colémbolos, son parte principal de sus comunidades donde juegan funciones esenciales como el reciclado de la materia orgánica o el mantenimiento de la estructura edáfica. La falta de interés hacia esta diversidad endogea, pero sobre todo las tremendas dificultades que supone su estudio usando las técnicas y



Figura 2. Mesofauna de artrópodos, principalmente ácaros y colémbolos, procedente de una muestra de hojarasca muestreada en un robledal en las Ardenas (Francia). La extraordinaria diversidad y complejidad taxonómica de estas comunidades edáficas ha dificultado su estudio usando herramientas convencionales (foto: Paula Arribas Blázquez).

metodologías convencionales, han hecho que desconozcamos casi totalmente la vida presente bajo nuestros pies. Estudios recientes centrados en linajes de artrópodos endogeos han mostrado que entre estas comunidades podría haber altísimos niveles de diversidad críptica, es decir oculta hasta

ahora debido a que la morfología no permite diferenciar especies, por lo que incluso los escasos estudios morfológicos disponibles son poco informativos sobre la magnitud y ensamblaje de la biodiversidad del suelo.



Figura 3. Arriba colectando escarabajos acuáticos en las salinas de Pinilla (Albacete) y abajo junto con Carmelo Andújar extrayendo una muestra de suelo profundo y hojarasca en Guara (Huesca) (fotos: Jesús Arribas Merino).

En la nueva etapa postdoctoral en la que estoy inmersa en el Biodiversity lab del NHM/Imperial, estoy aplicando las nuevas tecnologías de secuenciación de alto rendimiento, que han sido extensamente aplicadas durante los últimos años por ejemplo al estudio del genoma humano o del universo microbiano, pero cuya aplicación a comunidades macroscópicas complejas es hoy en día extremadamente escasa a pesar de su extraordinario potencial. Así, mi actual proyecto se centra en el desarrollo y aplicación de estas herramientas para estudiar la estructura de las comunidades de artrópodos en los suelos europeos. Incluso en Europa, que constituye una de las regiones del planeta más extensamente estudiada, aún existen importantes incertidumbres sobre cómo es la biodiversidad de sus suelos. Nosotros estamos investigando el efecto que las glaciaciones del Cuaternario han tenido en la fauna de las distintas capas de los suelos europeos, y cómo éste y otros factores han generado los

patrones actuales de biodiversidad edáfica. El entendimiento de estas dinámicas ha sido identificado como un reto de alta prioridad a nivel europeo pues ello nos podría aportar información esencial para evaluar las potenciales afecciones y respuestas de la fauna del suelo ante el cambio climático. Los resultados iniciales en los suelos ibéricos revelan niveles sin precedentes de riqueza, diversidad filogenética, endemidad y estructura espacial en las comunidades de las capas más profundas, y han puesto de manifiesto la efectividad y viabilidad de las novedosas metodologías basadas en secuenciación de alto rendimiento para el estudio de dichas comunidades desde una perspectiva filogenética. Así, de nuevo me encuentro inmersa en la apasionante tarea de bucear en un montón de piezas de biodiversidad por colocar, en este caso saltando de la escala de linajes a comunidades, un salto adelante en mi corta carrera, difícil pero tremendamente excitante. Me he adentrado en este nuevo mundo de ciencia ficción que se nos ha abierto gracias a la nueva generación de secuenciadores, donde una comunidad completa se traduce en gigabytes de nucleótidos, y que sin duda va a revolucionar nuestro entendimiento de la biodiversidad, acelerando la construcción del puzle.

Este periodo postdoctoral también está siendo tremendamente formativo en otras facetas. Si durante mi tesis aprendí lo que era la ciencia, durante este periodo estoy aprendiendo a sobrevivirla y a identificar la clase de científica que me gustaría ser. Y es que irremediamente salir de tu 'zona de confort' siempre te ayuda a avanzar. Introducirme en el sistema científico británico me ha permitido comparar y aprender de todos los aspectos que considero positivos, pero también de todos aquellos que no me gustan, me ha permitido reconciliarme y valorar de dónde vengo y así seguir creciendo como persona y científica. El futuro es incierto, como para todos mis compañeros de viaje, sobre todo para aquellos a los que nos gustaría, algún día, volver a tierras más cotidianas. Quiero seguir luchando por ser investigadora y continuar ensamblado piezas para entender un poco más del puzle de la biodiversidad. Me ilusiona la idea de poder contribuir, cambiar, reformar, desde dentro de la estructura social de donde vengo, con todo lo que he aprendido. Me apasionaría volver para seguir aprendiendo. Soy consciente de que hoy por hoy, volver para quedarse es tarea prácticamente imposible. Seguiremos luchando (y aprendiendo) mientras disfrutemos del viaje que, al fin y al cabo, es lo único que tenemos de manera segura a nuestro alcance.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis directores de tesis, mis padres, Carmelo Andújar y resto de autores en éste número de Eubacteria por sus comentarios en el texto. Muchas gracias a David Verdiell por esta iniciativa y por ser un ejemplo de dignidad e ilusión para todos.

REFERENCIAS

- Abellán, P., Gómez-Zurita, J., Millán, A., et al. (2007). Conservation genetics in hypersaline inland waters: mitochondrial diversity and phylogeography of an endangered Iberian beetle (Coleoptera: Hydraenidae). *Conservation Genetics*, 8, 79–88.
- Abellán, P., Millán, A. y Ribera, I. (2009). Parallel habitat-driven differences in the phylogeographical structure of two independent lineages of Mediterranean saline water beetles. *Molecular Ecology*, 18, 3885–902.
- André, H.M., Ducarme, X. y Lebrun, P. (2002). Soil biodiversity: myth, reality or conning? *Oikos*, 96, 3–24.
- André, H., Noti, M.I. y Lebrun P (1994). The soil fauna: the other last biotic frontier. *Biodiversity & Conservation*, 3, 45–56.
- Andújar, C., Arribas, P., Ruzicka, F. et al., (2015). Phylogenetic community ecology of soil biodiversity using mitochondrial metagenomics. *Molecular Ecology*, 24, 3603–3617.
- Arribas, P., Abellán, P., Velasco, J. et al., (2012a). Evaluating drivers of vulnerability to climate change: a guide for insect conservation strategies. *Global Change Biology*, 18, 2135–2146.
- Arribas P, Andújar C, Abellán P et al. (2014) Tempo and mode of the multiple origins of salinity tolerance in a water beetle lineage. *Molecular ecology*, 23, 360–373.
- Arribas P, Andújar C, Hopkins K et al (en revisión) Metabarcoding and mitochondrial metagenomics of endogenous arthropods to unveil mesofauna of the soil.
- Arribas P, Andújar C, Sánchez-Fernández D, Abellán P, Millán A (2013) Integrative taxonomy and conservation of cryptic beetles in the Mediterranean region (Hydrophilidae). *Zoologica Scripta*, 42, 182–200.
- Arribas P, Velasco J, Abellán P et al. (2012b) Dispersal ability rather than ecological tolerance drives differences in range size between lentic and lotic water beetles (Coleoptera: Hydrophilidae). *Journal of Biogeography*, 39, 984–994.
- Bohmann K, Evans A, Gilbert MTP et al. (2014) Environmental DNA for wildlife biology and biodiversity monitoring. *Trends in ecology & evolution*, 29, 358–67.
- Cicconardi F, Fanciulli P, Emerson B (2013) Collembola, the biological species concept and the underestimation of global species richness. *Molecular ecology*, 2, 5382–5396.
- Cicconardi F, Nardi F, Emerson B, Frati F, Fanciulli P (2010) Deep phylogeographic divisions and long-term persistence of forest invertebrates (Hexapoda: Collembola) in the North-Western Mediterranean basin. *Molecular ecology*, 19, 386–400.
- Crampton-Platt A, Timmermans MJTN, Gimmel ML et al. (2015) Soup to Tree: the phylogeny of beetles inferred by mitochondrial metagenomics of a Bornean rainforest sample. *Molecular biology and evolution*, 32, 2302–2316.
- Decaëns T (2010) Macroecological patterns in soil communities. *Global Ecology and Biogeography*, 19, 287–302.
- Ji Y, Ashton L, Pedley SM et al. (2013) Reliable, verifiable and efficient monitoring of biodiversity via metabarcoding. *Ecology letters*, 16, 1245–1257.
- Millán a., Velasco J, Gutiérrez-Cánovas C et al. (2011) Mediterranean saline streams in southeast Spain: What do we know? *Journal of Arid Environments*, 75, 1352–1359.
- Papadopoulou A, Taberlet P, Zinger L (2015) Metagenome skimming for phylogenetic community ecology: a new era in biodiversity research. *Molecular ecology*, 24, 3515–3517.
- Sánchez-Fernández D, Bilton DT, Abellán P et al. (2008) Are the endemic water beetles of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands effectively protected? *Biological Conservation*, 141, 1612–1627.