

Demografía y Genética de Poblaciones

C. García ^{1,*}

(1) Institute of Integrative Biology, Department of Evolution, Ecology, and Behaviour, University of Liverpool, Crown Street, Liverpool L69 7ZB, United Kingdom.

* Autor de correspondencia: C. García [Cristina.Garcia-Perez@liverpool.ac.uk]

> Recibido el 05 de febrero de 2019 - Aceptado el 14 de febrero de 2019

García, C. 2018. Demografía y Genética de Poblaciones. *Ecosistemas* 28(1): 1-0. Doi.: 10.7818/ECOS.1689

La magnitud del impacto del cambio climático y de las actividades antrópicas sobre la Biodiversidad ha puesto en riesgo la viabilidad de un gran número de especies y poblaciones a escala local y global e interrumpe los procesos ecosistémicos de los que depende nuestra supervivencia (Barnosky et al. 2014). En este contexto de pérdida acelerada de especies, es urgente la integración de diferentes disciplinas científicas que investiguen las respuestas de los organismos a diferentes tipos de alteraciones asumiendo diferentes escenarios de cambio global (Rosa et al. 2017). De esta integración se han beneficiado disciplinas que históricamente se han desarrollado de forma paralela pero independiente, como la demografía y la genética de poblaciones. La constatación de que los procesos evolutivos pueden acontecer rápidamente (i.e., en una o unas pocas generaciones) como respuesta a cambios ambientales (Schoener 2011) ha favorecido la integración entre demografía y genética de poblaciones para comprender los mecanismos de respuesta de las poblaciones a ambientes cambiantes (Lowe et al. 2017). Este monográfico sobre Demografía y Genética de la revista ECOSISTEMAS reúne ocho trabajos que ejemplifican bien los avances conceptuales y metodológicos de ambas disciplinas, así como las ventajas de su integración a través de varios casos de estudio que incluyen especies de plantas de ecosistemas mediterráneos, tropicales o templados.

Las poblaciones de plantas pueden activar diferentes tipos de respuesta ante un cambio ambiental más o menos intenso o duradero para garantizar su supervivencia (Terradas 2001). Las respuestas plásticas permiten la aclimatación a ambientes cambiantes de forma rápida, mientras que a medio y largo plazo la migración posibilita llegar a sitios con mayores probabilidades de reclutamiento y la adaptación mediante un cambio evolutivo permite el ajuste fenotípico a las nuevas condiciones (Hendry 2017). Elucidar la contribución de cada una de estas respuestas (plasticidad, migración o adaptación) ha sido uno de los retos fundamentales de la ecología y biología evolutiva en las últimas décadas para predecir los cambios en la composición de las comunidades de plantas y las alteraciones de los rangos de distribución de las especies en respuesta a cambios en la frecuencia e intensidad de factores ambientales. En este contexto, Matesanz et al. (2019) revisa los efectos documentados del cambio climático en las poblaciones de gipsófitos (i.e. especies que crecen sobre suelos de yesos) y la importancia relativa de cada mecanismo de respuesta. La distribución geográfica de este tipo de sustrato está asociada a hábitats áridos

o semi-áridos, como el Mediterráneo, altamente amenazados por el cambio climático. Sin embargo, los autores apuntan a un gran desconocimiento sobre los mecanismos y repuestas de estos edafismos al cambio climático. Además, estas comunidades tienen una baja capacidad dispersiva lo cual limita mucho la posibilidad de migración ante presiones ambientales o antrópicas. Los trabajos revisados por Matesanz et al. (2019) indican que las poblaciones de gipsófitos estudiadas hasta ahora muestran un potencial evolutivo moderado o alto (variación genética cuantitativa y heredable en rasgos funcionales clave relacionados con la adaptación al nuevo ambiente) en respuesta a cambios ambientales experimentales. Además, los autores argumentan que la plasticidad fenotípica observada en condiciones experimentales ha demostrado tener valor adaptativo (aumento del fitness).

El cambio climático y la actividad humana no sólo afecta a las especies de distribución limitada, sino que también se han observado cambios demográficos y evolutivos en especies de amplia distribución. Los trabajos ecológicos y los planes de manejo suelen priorizar el estudio de especies amenazadas, típicamente poco abundantes y de distribución limitada, pero las especies con rangos de distribución amplios ofrecen una excelente oportunidad para cuantificar y comparar cambios demográficos y genéticos a través de gradientes climáticos latitudinales y/o altitudinales. Esta es la aproximación de Vilellas et al. (2019) para testar los efectos de la diversidad genética y de los factores ambientales en la demografía de una planta herbácea de amplia distribución, *Plantago coronopus*. Los autores combinaron datos genéticos y siguieron el ciclo demográfico de 12 poblaciones durante cuatro años a lo largo de un gradiente latitudinal desde el sur hasta el norte de Europa para demostrar el efecto diferencial de los factores ambientales y de la diversidad genética sobre varios componentes del ciclo vital (supervivencia, crecimiento y reproducción). En conjunto, Vilellas et al. (2019) observaron una ausencia de patrón geográfico en las tasas poblacionales y los datos demostraron que este resultado se debe a un fenómeno de compensación demográfica, por el cual el efecto negativo de algún factor ambiental sobre uno de los componentes del ciclo demográfico se compensa con el efecto positivo sobre otros componentes. Por tanto, las tasas de crecimiento poblacionales resultaron similares en poblaciones que ocupan condiciones ambientales muy diferentes. Contrario a las expectativas iniciales, el impacto de la diversidad genética sobre las tasas de crecimiento de las poblaciones estudiadas no fue significativo,

aunque sí se observó un impacto en las tasas de crecimiento individual. Este resultado es fundamental a la hora de modelizar las tendencias demográficas y de cambios de áreas de distribución considerando diferentes escenarios de cambio climático de las poblaciones de plantas. Además, este trabajo enfatiza la importancia de estudiar especies abundantes y de amplia distribución por su función vertebradora de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas que habitan (Whitham 2006) y, por tanto, son de gran interés en la conservación de la biodiversidad y sus los servicios ecosistémicos. Una de estas especies clave y abundantes hasta ahora en los ecosistemas forestales del hemisferio sur es *Nothofagus pumilio*, la especie de estudio del trabajo de Ignazi et al. (2019) donde caracterizan la distribución de la variabilidad genética a lo largo de su amplio rango de distribución. Sus resultados muestran que la expansión demográfica en respuesta a las oscilaciones climáticas a lo largo del cuaternario ha resultado en una menor diversidad genética en algunas áreas de expansión. Sin embargo, este patrón de declive genético en el frente de colonización no es homogéneo y los resultados de este grupo de investigación sugieren la presencia de refugios donde las condiciones micro-climáticas permitieron la persistencia de núcleos de población a lo largo de periodos glaciares. Estos refugios permitieron una posterior colonización rápida del área de distribución cuando las condiciones climáticas mejoraron y actualmente representan núcleos de alta diversidad genética. La importancia de las áreas de refugio de bosques templados durante las glaciaciones queda demostrada también en el trabajo de Bonal et al. (2019) donde los autores comparan el nivel de especificidad trófica en la comunidad de insectos predadores de bellotas (*Curculio* spp.) como mecanismo de especiación en coleópteros. Los autores compararon ecosistemas de dehesa con condiciones climáticas actuales similares en California y la península ibérica pero con una trayectoria biogeográfica diferente durante el cuaternario; las rutas de migración desde un número mayor de refugios en California explicaría los patrones de diversidad genética entre las diferentes especies y su distribución actual. Además, el efecto de la vejería típica de quercíneas determina parcialmente las diferencias observadas entre los dos sistemas. Este trabajo resalta la importancia de tener en cuenta las interacciones planta-animal para explicar las características demográficas y genéticas de las poblaciones actuales. Este tipo de interacciones son fundamentales para las plantas dispersadas por frugívoros, como demuestran Carvalho et al. (2019). En los estudios demográficos con plantas, la dispersión de las semillas representa una fase clave que conecta el fin de la fase reproductiva con el inicio de la fase de establecimiento (Harper 1977), con consecuencias importantes tanto demográficas como genéticas. Sin embargo, esta etapa es difícil de cuantificar y, por tanto, se ignora con frecuencia en los trabajos de ecología. Los resultados de Carvalho et al. (2019) demuestran que los zorzales son los principales frugívoros del palmito (*Euterpe edulis*), una especie de palmera hiperabundante en el bosque de mata atlántica de Brasil. La actividad de estos frugívoros permite la dispersión a corta y media distancia y, más importante, evita la acumulación de semillas debajo del árbol madre. En conjunto, la lluvia de semillas consiste en una combinación de diferentes progenies maternas, como demuestran los índices de endogamia y autocorrelación espacial. La combinación de información demográfica y genética permite, por tanto, cuantificar las ventajas de la dispersión por animales y valorar las consecuencias potenciales para la regeneración de los bosques de la deforestación (Carvalho et al. 2015) y de la defaunación creciente en estos bosques (Galetti et al. 2014).

El creciente número de trabajos que combinan conceptual y metodológicamente demografía y genética de poblaciones ha sido posible gracias al desarrollo de nuevas técnicas experimentales y analíticas. Así, por ejemplo, el desarrollo formidable de los estudios de genética de poblaciones desde la publicación del trabajo seminal de Manel et al. (2003) ha permitido avanzar en nuestro conocimiento del efecto de la diversidad genética en los patrones de crecimiento de las poblaciones en paisajes fragmentados (Hanski y Saccheri 2006) o cuantificar los efectos (generalmente negativos)

de la interrupción del flujo génico de las poblaciones como consecuencia de la fragmentación del paisaje (Breed et al. 2014). La revisión de García (2019) da una perspectiva histórica de esta disciplina y de las áreas de estudio que más se han beneficiado de la integración de la demografía y de la genética de poblaciones a través de la genética del paisaje y ofrece una primera aproximación a los aspectos metodológicos. Entre las técnicas más interesantes e infra utilizadas por los ecólogos de plantas, están los modelos de proyección integrales (*Integrated Projection Models*, Paniw 2019). En este trabajo de revisión, Paniw (2019) ejemplifica la aportación de los IPM a la demografía animal y explica los diferentes métodos de estudio para cuantificar el efecto de la diversidad genética, factores ambientales y de diferentes caracteres fenotípicos en las trayectorias demográficas de las poblaciones de plantas. La incorporación de nuevas técnicas y abordajes nos permitirá en el futuro próximo integrar aún más los estudios de demografía y genética, por ejemplo, mediante la aplicación de técnicas de epigenética, como queda reflejado en la revisión de Parejo-Farnés et al. (2019). En este trabajo los autores describen de forma completa e integradora la gran aportación de la epigenética a la ecología de las plantas al integrar aspectos radicalmente diferentes de la genética de poblaciones tradicionalmente basada en herencia mendeliana. Hay una evidencia creciente sobre los mecanismos epigenéticos que median la respuesta de las plantas a situaciones cambiantes, particularmente en condiciones de estrés, y cuyas modificaciones fenotípicas se observan en la descendencia. Esto permite hablar de plasticidad del genoma (no sólo de los fenotipos) y de variabilidad fenotípica incluso en ausencia de diversidad genética. La incorporación de nuevas técnicas moleculares (e.g., epigenómica, proteómica, metagenómica y metabolómica) combinados con nuevos métodos de análisis y diseños experimentales ambiciosos nos permitirá en un futuro próximo completar nuestro conocimiento sobre los factores y procesos relevantes que determinan las trayectorias demográficas y las dinámicas eco-evolutivas de las poblaciones plantas a diferentes escalas espaciales y temporales.

Referencias

- Barnosky AD, Hadly EA, Bascompte J, Berlow EL, Brown JH, Fortelius M, Getz WM, Harte J, Hastings A, Marquet PA, Martinez ND, Mooers A, Roopnarine P, Geerat V, Williams JW, Gillespie R, Kitzes J, Marshall C, Matzke N, Mindell DP, Revilla E, Smith AB (2012) Approaching a state shift in Earth's biosphere. *Nature* 486, 52-58. doi.org/10.1038/nature11018
- Bonal R, Muñoz A, Aparicio JM, Santoro M, Espelta JM (2019) Genética de poblaciones, factores históricos y especificidad parásito-hospedador: estudio comparativo de las comunidades de insectos depredadores de bellotas (*Curculio* spp.) en la Península Ibérica y California. *Ecosistemas* 28(1):xx-xx. Doi.:10.7818/ECOS.xxxx
- Breed MF, Gardner MG, Ottewell KM, Navarro CM, Lowe AJ (2012) Shifts in reproductive assurance strategies and inbreeding costs associated with habitat fragmentation in Central America mahogany. *Ecology Letters* 15: 444-452.
- Carvalho CS, Ribeiro MC, Côrtes MC, Galetti M, Collevatti RG (2015) Contemporary and historic factors influence differently genetic differentiation and diversity in a tropical palm. *Heredity* 115, 216-224.
- Carvalho CS, Valverde J, Souza M, Ribeiro T, Nazareth S, Galetti M, Corrêa Côrtes M (2019) La dispersión de semillas en bosques remanentes tropicales: el papel de los zorzales en el mantenimiento de la estructura y diversidad genética de *Euterpe edulis*. *Ecosistemas* 28(1):xx-xx. Doi.:10.7818/ECOS.xxxx
- Galetti M, Guevara R, Cortes MC, Fadii R, Von Matter S, Leite AB, Labecca F, Ribeiro T, Carvalho CS, Collevatti RG, Pires MM, Guimaraes PR, Brancalion PH, Ribeiro MC, Jordano P (2013) Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size. *Science* 340, 1086-1090.
- García C (2019) Integrando demografía y genética a través de la genética del paisaje. *Ecosistemas* 28(1):xx-xx. Doi.:10.7818/ECOS.xxxx
- Hanski I, Saccheri I (2006) Molecular-level variation affects population growth in a butterfly metapopulation. *PLoS Biology* 4(5): e129 e129. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040129
- Harper JL (1977) Population biology of plants. Academic Press. London.

- Hendry AP (2017) *Eco-evolutionary dynamics*. Princeton University Press. Princeton.
- Ignazi G, Mathiasen P, Premoli AC (2019) Gradientes climáticos modelan la diversidad genética en especies leñosas de amplia distribución: el caso de *Nothofagus pumilio* en los Andes del sur. *Ecosistemas* 28(1):xx-xx. Doi.:10.7818/ECOS.xxxx
- Manel S, Schwartz MK, Luikart G, Taberlet P (2003) Landscape genetics: combining landscape ecology and population genetics. *Trends in Ecology and Evolution* 18, 189-197.
- Matesanz S, Ramos-Muñoz M, Blanco-Sánchez M, García-Fernández A, Sánchez AM, Escudero A (2019) Migración, variabilidad genética y plasticidad fenotípica en especies de plantas de yesos y su papel en la respuesta al cambio climático. *Ecosistemas* 28(1):xx-xx. Doi.:10.7818/ECOS.xxxx
- Lowe WH, Kovach RP, Allendorf FW (2017) Population genetics and demography unite ecology and evolution. *Trends in Ecology and Evolution* 32, 141-152. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2016.12.002>
- Rosa I, Pereira H, Ferrier S, Alkemade R, Acosta L, Akcakaya H, den Belder E, Fazel A, Fujimori S, Hartfoot M, Harhash K, Harrison P, Hauck J, Hendricks R, Hernández G, Jetz W, Karlsson-Vinkhuyzen S, Kim H, King N, Kok M, Koloytsev G, Lazarova T, Leadley P, Lundquist C, García Márquez J, Meyer C, Navarro L, Nesshöver C, Ngo H, Ninan K, Palomo M, Pereira L, Peterson G, Pichs R, Popp A, Purvis A, Ravera F, Rondini C, Sathayapalan J, Schipper A, Seppelt R, Settele J, Sitas N, van Vuuren D (2017) Multiscale scenarios for nature futures. *Nature Ecology and Evolution* 1, 1416-1419. doi.org/10.1038/s41559-017-0273-9
- Paniw M (2019) Integrando mecanismos evolutivos y dinámica de poblaciones de plantas: una perspectiva desde la demografía animal. *Ecosistemas* 28(1):xx-xx. Doi.:10.7818/ECOS.xxxx
- Parejo-Farnés C, Aparicio A, Albadalejo RG (2019) Una aproximación a la ecología epigenética en plantas. *Ecosistemas* 28(1):xx-xx. Doi.:10.7818/ECOS.xxxx
- Schoener TW (2011) The newest synthesis: understanding the interplay of evolutionary and ecological dynamics. *Science* 331, 426-429. DOI: 10.1126/science.1193954
- Terradas J (2001) *Ecología de la Vegetación*. Ediciones Omega. Barcelona.
- Villellas J, Berjano R, Terrab A, García MB (2019) Escasa correspondencia entre diversidad genética y demografía en una planta a escala continental. *Ecosistemas* 28(1):xx-xx. Doi.:10.7818/ECOS.xxxx
- Whitham TG, Bailey JK, Schweitzer JA, Shuster SM, Bangert RK, LeRoy CJ, Lonsdorf EV, Allan GJ, DiFazio SP, Poots BM, Fischer DG, Gehring CA, Lindroth RL, Marks JC, Hart SC, Wimp GM, Wooley SC (2006) A framework for community and ecosystem genetics: from genes to ecosystems. *Nature Review Genetics* 7, 510-523. DOI:10.1038/nrg1877.