



Métodos de análisis genéticos, espaciales y de conectividad en genética del paisaje

Genetic, spatial and connectivity methods of analysis in landscape genetics

Tania Garrido-Garduño^{1, 2} y Ella Vázquez-Domínguez^{1✉}

¹Departamento de Ecología de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Apartado postal 70-272, 04510 México, D. F., México.

²Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 3000, Col. Coyoacán, 04510 México, D. F., México.

✉ evazquez@ecologia.unam.mx

Resumen. La genética del paisaje tiene como objetivo evaluar la interacción de características del paisaje (es decir, montañas, corredores) y variables ambientales como temperatura o humedad con procesos microevolutivos como flujo genético, deriva génica o selección. Para ello, la genética del paisaje se apoya en métodos de análisis de otras disciplinas como genética de poblaciones, ecología del paisaje y estadística espacial, y cuenta además con métodos propios. En este trabajo explicamos qué es la genética del paisaje y nos enfocamos en hacer una integración de las bases teóricas, supuestos, ventajas y limitaciones de los métodos de análisis más frecuentemente utilizados en genética del paisaje, apoyada con diversos ejemplos de estudio de caso. Con base en dicha integración, proponemos que el planteamiento de los análisis en un estudio de genética del paisaje debe seguir 5 etapas, para cada una de las cuales explicamos sus fundamentos, los métodos más adecuados y los programas más utilizados: 1) evaluar los patrones de variación y estructura genética, 2) evaluar los patrones de estructura genética en el espacio, 3) evaluar el flujo genético (conectividad funcional), 4) evaluar la calidad del paisaje (conectividad estructural) y 5) correlacionar los patrones genéticos con las características del paisaje. Finalmente, señalamos las necesidades que consideramos más urgentes en términos de desarrollo de métodos de análisis para la genética del paisaje.

Palabras clave: estructura genética, ecología molecular, flujo génico, genética de poblaciones, genética de la conservación.

Abstract. Landscape genetics focuses on evaluating the interaction between landscape features (e.g., mountains, corridors) and environmental variables like temperature or humidity with microevolutionary processes like gene flow, genetic drift or selection. For this, landscape genetics uses different methods of analysis from other areas like population genetics, landscape ecology and spatial statistics, together with some of its own. In the present we explain what is landscape genetics and, in accordance with the objective of the review, we include an integration of the theoretical basis, assumptions, advantages and limitations of the most frequent methods used in landscape genetics, which we exemplify with diverse case studies. Based on such integration, we propose that the design of analyses in a landscape genetics study should be developed following 5 steps, for each of which we explain its conceptual basis, the most adequate methods and the most commonly software used to evaluate: 1) the genetic variation and structure patterns, 2) the spatially-genetic structure patterns, 3) the gene flow (functional connectivity), 4) the landscape quality (structural connectivity), and 5) the correlation between genetic patterns and landscape features. We end by highlighting the advances we consider are more urgently needed regarding methods of analyses for landscape genetics.

Key words: genetic structure, molecular ecology, gene flow, population genetics, conservation genetics.

Introducción

El objetivo de la genética del paisaje es describir, analizar y explicar la forma en que interactúan características del paisaje y aspectos de estructura y variabilidad genética en

individuos y poblaciones de especies de flora y fauna, para determinar la relación entre el ambiente y la diferenciación genética entre poblaciones o grupos de individuos. El paisaje, en el contexto de la genética del paisaje, se considera desde la percepción y respuesta del individuo al ambiente, concepto conocido como “umwelt” (Van Dick, 2012); asimismo se refiere a un mosaico o área espacialmente heterogénea compuesta de un conjunto de interacciones

desde el nivel de individuo hasta de ecosistema. La genética del paisaje, en particular, considera atributos tales como montañas, ríos, carreteras, que funcionan como barreras, así como otras que facilitan el movimiento de individuos, como corredores. Asimismo, evalúa variables ambientales como temperatura, humedad, altitud, etc., con el objetivo de determinar la relación entre dichas variables y procesos micro y macroevolutivos como flujo génico, deriva génica, selección o especiación (Manel et al., 2003; Storfer et al., 2007, 2010; Sork y Waits, 2010). Cabe mencionar que mucho antes de la genética del paisaje ya se trataba de estudiar preguntas sobre la distribución de genes en el espacio, mediante la genética de poblaciones, a través de la evaluación de parámetros como la distancia genética entre poblaciones o la relación entre distancia genética y geográfica (aislamiento por distancia) (Wright 1943; Cavalli-Sforza y Edwards, 1967; Workman y Niswander, 1970). La genética del paisaje puede considerarse un área de estudio relativamente reciente, es apenas en 2003 que Stephanie Manel y colaboradores acuñan el término “genética del paisaje”, cuya diferencia más importante con la genética de poblaciones es que ésta no considera a los atributos del paisaje para explicar la estructura genética (Holderegger y Wagner, 2008) y, con la filogeografía, porque ésta estudia procesos históricos y no procesos recientes o contemporáneos que afectan la variación genética (Wang, 2010). A pesar de que la filogeografía y genética del paisaje evalúan aspectos diferentes, existe todavía cierta confusión entre éstas, y cuyas distinciones principales describió Wang (2010, 2011) recientemente: tipo de marcador molecular, análisis que se utilizan, escala temporal y las hipótesis que se ponen a prueba. Por otro lado, aunque la filogeografía evalúa mayormente procesos históricos, existen ejemplos de estudios en los que se ha utilizado una combinación adecuada de métodos de análisis para lograr evaluar tanto aspectos filogeográficos como de genética del paisaje; específicamente para evaluar aspectos más contemporáneos, se han utilizado sistemas de información geográfica y simulaciones de datos ambientales actuales o recientes en escala evolutiva (Vandergast et al., 2007; Bohonak y Vandergast, 2011).

Manel et al. (2003) le dan un contexto teórico a los estudios de genética del paisaje, enfatizando que para entender los patrones de flujo génico y su relación con procesos de adaptación local, es necesario contar con un conocimiento detallado de las características del paisaje que potencialmente pueden afectar cómo se estructuran las poblaciones. Bajo este contexto se pueden abordar diversas preguntas sobre la relación entre el paisaje y la genética, por ejemplo: 1) cuantificar las variables del paisaje y su configuración, 2) identificar las barreras que

impiden el movimiento y por lo tanto, el flujo génico de los individuos, 3) identificar la dinámica de los corredores que permiten y/o facilitan el flujo génico, 4) discernir la escala espacio-temporal de los procesos ecológicos en términos del paisaje y la estructura genética, 5) poner a prueba hipótesis específicas sobre la estructura de las poblaciones (Storfer et al., 2007) y 6) determinar la importancia diferencial del efecto de factores geográficos y ecológicos en la diferenciación entre poblaciones (Wang et al., 2012).

Los estudios de genética del paisaje deben considerar, en un esquema general, 4 aspectos básicos: el diseño de muestreo, la selección de las variables ambientales y del paisaje, la escala y los métodos de análisis. El muestreo debe incluir la variación espacial del sistema de estudio, para poder detectar la relación entre las variables medidas y los estimadores genéticos. Asimismo, para poder cuantificar el efecto de la configuración de paisaje sobre el flujo génico, debe considerarse cuidadosamente qué variables son importantes, así como la escala espacial, las cuales se definen con base en las preguntas e hipótesis que quieren ponerse a prueba en el sistema de estudio. Por lo tanto, las variables a considerar pueden variar enormemente de un estudio a otro (Cuadro 1) y la escala dependerá de la resolución mínima de los datos ‘grano’ y el área total de interés ‘extensión’ y, como regla general, el grano deberá ser menor que el promedio del tamaño de ámbito hogareño y de la distancia de dispersión del organismo de estudio (Anderson et al., 2010). Ya existe en la literatura extensa información sobre los objetivos y metas de la genética del paisaje, de cómo definir paisaje, qué variables deben considerarse, los esquemas de muestreo adecuados, consideraciones sobre la escala temporal y espacial, y sobre los marcadores moleculares a usar (Storfer et al., 2007, 2010; Guillot et al., 2009; Holderegger y Wagner, 2009; Balkenhol et al., 2009a, 2009b; Schwartz y McKelvey, 2009; Anderson et al., 2010; Landguth et al., 2012). Sin embargo, pocos describen métodos de análisis y estadísticos (Manel et al., 2003; Storfer et al., 2007; Balkenhol et al., 2009a; Guillot et al., 2009; Cushman y Landguth, 2010; Farina, 2010) y menos aún incluyen una revisión amplia de estudios de caso que ayuden a explicar las aplicaciones de la genética del paisaje.

Dado que la genética del paisaje abarca un espectro amplio de variables en sus análisis, es decir, ambientales, genéticas, ecológicas, y que el diseño de métodos específicos de análisis está en pleno desarrollo, actualmente ésta hace uso de herramientas de diversas áreas como la genética de poblaciones, la ecología del paisaje y la estadística espacial, entendida ésta última como los métodos estadísticos para identificar la escala espacial de patrones y procesos. Considerando la diversidad de métodos que pueden

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/4461840>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/4461840>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)