

Un Modelo Basado en Agentes para comprender los procesos que estructuran las redes mutualistas en Doñana

Blanca Arroyo-Correa¹, Javier Galeano², Ignasi Bartomeus¹ and Pedro Jordano¹
¹Estación Biológica de Doñana, CSIC

²Grupo de Sistemas Complejos, Universidad Politécnica de Madrid

Las interacciones polinizador-planta tienen una enorme importancia en la ecología, siendo uno de los tipos de interacciones bióticas más importantes en nuestro planeta. En ecología se realizan una gran cantidad de estudios de campo para recabar información sobre dichas comunidades y se utilizan redes complejas para generar una imagen global que represente la comunidad polinizador-planta y analizar sus propiedades globales.

Una vez caracterizada la comunidad, el siguiente paso en el estudio sería tener un modelo matemático para poder predecir la imagen global de las interacciones a partir de unas hipótesis sencillas de trabajo. Para ello, las simulaciones de modelos basados en agentes pueden ser un primer paso para entender cuales son los elementos básicos que nos pueden dar esa compleja comunidad ecológica. Este tipo de modelos tienen la desventaja de la difícil generalización de los resultados pero la ventaja de que con reglas sencillas en las interacciones de los agentes se pueden obtener comportamientos emergentes que muestran una imagen ecológica compleja. Además permiten modelizar sobre las entidades que realmente interactúan en la naturaleza, los individuos.

En el trabajo que se presenta se han recogido datos de las interacciones polinizador-planta se obtuvieron en un estudio que se realizó en una zona del Parque Nacional de Doñana, en la costa atlántica del suroeste de España [1]. Nuestra área de estudio se localiza en las laderas de dunas de arena estabilizadas, donde la vegetación está compuesta principalmente por matorral esclerófilo mediterráneo. Seleccionamos seis parcelas de 1200 m², que estaban separadas por 300 m de distancia, que incluían 11 especies de arbustos polinizados por insectos. Se realizaron censos para registrar las visitas de polinizadores en las parcelas de estudio durante el período de máxima floración de la comunidad vegetal (164 días entre principios de febrero y mediados de julio de 2021). Para cada especie de planta, se seleccionó un número variable de individuos de plantas (muestreo aleatorio estratificado) dependiendo de la abundancia local dentro de cada parcela, totalizando 700 individuos de plantas. Realizamos encuestas semanales de cada planta con flores usando cámaras de video junto con censos visuales a lo largo de transectos aleatorios. A partir de los datos obtenidos se construyeron las redes de interacciones individuales, que son redes de tipo pesadas y bipartitas, para posteriormente generar las redes por especie que nos iban a servir de comparación con los modelos basados en agentes.

Los modelos basados en agentes se hicieron desde cero programándose en python. Se definieron dos clases difer-

entes de agentes para modelizar individuos de plantas y polinizadores, respectivamente. Se diseñaron diferentes escenarios donde se variaron las distribuciones espaciales de las plantas: aleatoria, posición real gps y regular y para los polinizadores las distribuciones se realizaron de manera aleatoria dentro de cada uno de los plots estudiados. Las abundancias iniciales de los agentes que representan a las plantas se obtuvieron de los datos reales, mientras que las abundancias de los polinizadores se realizaron definiendo dos tipos de roles: generalistas, más abundantes y con mayor campo de búsqueda, y especialistas, con menor abundancia y radio de alcance pequeño. El movimiento de los polinizadores se simuló con dos tipos de movimientos: movimiento browniano y Levy walks. Y se utilizó como parámetro de interacciones el radio, r , al que los polinizadores podían observar una planta.

La red se calculaba de la siguiente manera: de manera aleatoria se selecciona un polinizador, se mueve y se buscan los vecinos que puede encontrar dentro de su radio de alcance, r . Dentro de dichos vecinos se elige uno al azar. A partir de esta interacción se generaba un enlace entre la planta y el polinizador.

Los resultados de las redes complejas utilizando estas sencillas reglas prometen excelentes resultados (Fig. 1) En esta figura se muestran las comparaciones entre el grado y el strength de las redes reales y las redes construidas a partir de los modelos basados en agentes especificando la posición espacial real de cada planta individual en la comunidad.

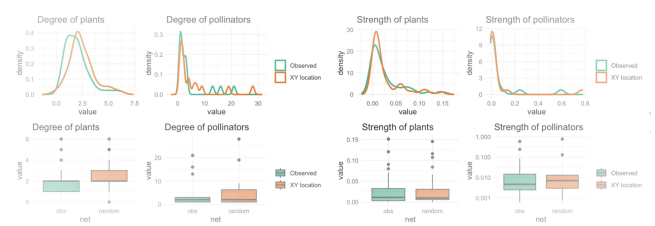


Fig. 1. Distribuciones de grado y strength de las redes reales y las redes generadas con los modelos basados en agentes para un plot específico del área de estudio.

[1] B. Arroyo-Correa, P. Jordano, and I. Bartomeus, *Intraspecific variation in species interactions promotes the feasibility of mutualistic assemblages*, E. Letters **26**, 448 (2023).