

## **Aplicaciones Shiny para modelos de crecimiento de ecología de poblaciones: una propuesta simple y no simplista para animar al uso de R en cursos introductorios**

**Lucía Rodríguez Planes**

La ecología de poblaciones se apoya en modelos numéricos para organizar relaciones entre variables y parámetros, jerarquizar relaciones, hacer proyecciones y pronósticos, y poner a prueba hipótesis. Trabajar los conceptos tras estos modelos requiere de cierta fluidez en el pensamiento formal, la aplicación de conceptos matemáticos, el conocimiento de algún lenguaje de programación y el conocimiento ecológico conceptual en sí, que es el objetivo de enseñanza. Estudiantes de grado neófitos en herramientas numéricas y de programación pueden encontrar una carga cognitiva demasiado alta al ser introducidos al contenido curricular al mismo tiempo que a un lenguaje de programación. Por otro lado, existen programas en computadora que buscan facilitar estos contenidos al ocultar la parte formal y permitir la interacción solo con opciones y resultados. Estos programas, como el conocido “Populus”, no serían un paso intermedio en un proceso de comprensión ya que no permiten analizar las funciones detrás de los resultados. Ambas situaciones pueden fallar en motivar a estudiantes, por exceso de complejidad o por falta de ella.

La emergencia sanitaria mundial ocurrida durante 2020 forzó la virtualidad de los procesos de enseñanza-aprendizaje y extremó las dificultades al impedir la ocurrencia en el espacio de estudiantes y docentes, un elemento que nos era indispensable en las clases para asistir a quienes se iniciaban en el uso de herramientas de programación. De la necesidad de separar las dificultades del proceso de enseñanza-aprendizaje surgió la idea de diseñar una herramienta **simple** para la introducción a estos temas, y al mismo tiempo **no simplista**, y que invitara a estudiantes a explorar en profundidad el contenido desde la programación en una instancia posterior al manejo correcto del contenido ecológico conceptual.

Presento dos aplicaciones web Shiny desarrolladas para cursos que abordan la ecología de poblaciones y los modelos de crecimiento determinísticos de una población sin estructura de edades ni sexo, en versiones densoindependiente y densodependiente. A partir de la selección de los valores de constantes y variables en los modelos de crecimiento se construyen series de valores de abundancia en el tiempo que se visualizan en diferentes tipos de gráficos. Los modelos posibles son los abordados en los textos clásicos de ecología general, con alguna adición menos habitual entre los modelos densodependientes que se inspira en el programa de Ecología de Poblaciones, un curso avanzado de la carrera de Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

Cada Shiny app consiste en un panel izquierdo para la selección de las opciones, y una sección amplia donde se genera el gráfico. Los primeros valores a elegir son la abundancia inicial y el tiempo total, y para el modelo densodependiente la capacidad de carga, comunes a todos los modelos. La botonera a continuación activa paneles con opciones para la tasa de crecimiento y parámetros adicionales de acuerdo con el modelo de crecimiento elegido: a tiempo discreto (con ecuaciones planteadas en diferencias de abundancia entre tiempos) o a tiempo continuo (basadas en modelos diferenciales y con resultados numéricos que surgen de la integración para diferenciales de tiempo de décima del paso de tiempo discreto). La última botonera permite modificar el tipo de gráfico que se desea ver, entre las opciones que resultan más importantes desde la comprensión de los modelos: gráfico de trayectoria de la

abundancia en el tiempo, gráfico del logaritmo natural de la abundancia en el tiempo, y el reclutamiento neto per cápita (continuo) o razón de abundancias de tiempos sucesivos (discreto) en función de la abundancia. Se pueden extraer conclusiones generales a partir de los valores elegidos y el comportamiento que despliegan, y también pueden elegirse valores publicados para alguna población real para proyectar su tendencia poblacional y discutir las implicancias de los diferentes modelos.

La Shiny app se basa en un solo archivo donde se distingue la interfaz del usuario y el servidor con comentarios dentro de un mismo código. Los paquetes necesarios y las funciones de crecimiento fueron definidas explícitamente en la sección inicial del código para que se carguen junto con la aplicación. A partir de la selección de los valores en las botoneras (interfaz de usuario) el servidor utiliza esos valores para alimentar las funciones de crecimiento elegidas. Los resultados los guarda en una *tibble* con la primera columna correspondiente a los valores de abundancia, la segunda al tiempo, y elabora las demás variables a utilizar usando ciclos *for* simples con reglas de subsetting de R *base*. La selección del tipo de gráfico y la información que toma de la *tibble* de resultados para cada eje (con solo ciertas combinaciones posibles) se basa en condiciones *if - else* de tres opciones. La decisión de priorizar código con estrategias en R *base* por sobre *tidyverse* se debió a que, a pesar de necesitar un código más largo, en este caso permite comprender casi sin información previa las instrucciones del código.

Las aplicaciones están disponibles en <https://www.shinyapps.io>: [https://luciarp.shinyapps.io/pop\\_growth\\_indep](https://luciarp.shinyapps.io/pop_growth_indep) y [https://luciarp.shinyapps.io/pop\\_growth\\_dep](https://luciarp.shinyapps.io/pop_growth_dep). El código estuvo disponible en un repositorio con control de versiones [https://github.com/luciarp/teaching\\_popecology](https://github.com/luciarp/teaching_popecology) del que estudiantes entusiastas y animados por la clase pudieran descargar y ejecutar desde su propia interfaz de RStudio, accediendo a cada una de las partes del código. Los estudiantes se mostraron interesados en el lenguaje que permitía generar la aplicación y motivados a ver el código en entorno R, lo que genera una expectativa que podría traducirse fácilmente en una introducción a un lenguaje de programación.

La primera versión de prueba se promocionó a la comunidad a través de la red social Twitter en agosto de 2020. Todos los comentarios recibidos señalaron dificultades y aspectos mejorables que fueron utilizados para generar la versión 1.0.0 actual. En esta versión ambas aplicaciones fueron utilizadas en la materia de grado “Ecología general” de la Universidad de Buenos Aires, “Ecología y Ambiente” de la Universidad Favaloro y “Ecología” de la carrera Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de San Martín, en el segundo cuatrimestre 2020 y primer cuatrimestre 2021, en clases sincrónicas virtuales y que contaron con otras herramientas digitales integradas como la pizarra compartida de la suite Google: Jamboard. Los comentarios recibidos de su uso reciente se están incorporando a una nueva versión que será probada y lanzada hacia el final de 2021 y con versión trilingüe (español, portugués e inglés).