

# Introducción a la enseñanza de la política medio ambiental cuantitativa: Una propuesta con R.

Kamal Antonio Romero Sookoo (UCLM e ICAE-UCM) y José Manuel Maneiro Jurjo (Universidad CEU San Pablo)

**Palabras clave:** Medio ambiente, Política económica, Multicountry Input-Output, R.

## Abstract

La enseñanza de las políticas medioambientales en la asignatura de política económica de la carrera de economía en España suele carecer de un componente práctico que permita a los estudiantes analizar los efectos cuantitativos de políticas específicas. Este déficit se debe a la tradicional abstracción y simplificación de los cursos introductorios, que dificulta la aplicación empírica de los resultados teóricos. Sin embargo, en etapas avanzadas de los programas de economía, los estudiantes han adquirido ya las herramientas necesarias para abordar modelos de mayor complejidad.

Proponemos un curso innovador que integra matrices input-output multi país con extensiones medioambientales, utilizando R como herramienta fundamentales para el análisis cuantitativo. Estas matrices no son más que una representación detallada de la producción de los sectores económicos y a que sectores se dirige dicha producción, ya sea para consumo de industrias o consumidores finales. Lo anterior nos permite analizar las cadenas de valor globales, pero a su vez manteniendo la simplicidad e interpretabilidad necesarias para el aprendizaje eficaz, dado que los resultados son interpretables debido a la linealidad del modelo. Más importante aún, permiten la obtención de respuestas cuantitativas a escenarios de políticas específicas.

El plan tiene una propuesta detallada de contenidos y cronograma, pero lo que nos interesa presentarles es un conjunto de herramientas docentes que hemos desarrollado en R, las cuales no destacan por su complejidad o ser muy novedosas, si no, **por que pueden ser elaboradas por cualquier docente que tenga un nivel intermedio de R.**

Específicamente, presentamos tres herramientas:

- [Notas de clase](#) en formato Quarto y webR.
- Librería de R para el cálculo de la huella de carbono con datos reales ([demo](#)).
- Cuestionarios interactivos con soporte de modelos grandes de lenguaje (LLM) usando Ellmer y Ragnar ([demo](#), ver en 2X).

Las notas de clase están elaboradas enteramente en R, incluyen los contenidos del módulo y usan la herramienta *webR* para poder ejecutar código de manera interactiva en el navegador, sin necesidad de instalar R. Esto permite que el alumno practique las lecciones desde dispositivos móviles cuando no tenga acceso a un ordenador.

La librería de R es muy sencilla, está compuesta por tres funciones y tres conjuntos de datos que permiten estimar la huella de carbono con datos reales de EUROSTAT. Dado que las funciones elaboran operaciones específicas al campo de conocimiento de las matrices input-output, mas que explicar en detalle lo que hacen, hacemos énfasis en el hecho de que manipulan un conjunto de datos de más de 9 millones de registros y

calculan la huella de carbono en 1,22 segundos llamando solo tres funciones. Lo anterior es inviable de realizar en herramientas alternativas como Excel.

Por último, creamos un chatbot similar visualmente al que solemos emplear cuando utilizamos herramientas como chatGPT, basados en las librerías *ellmer* y *ragnar*. La librería *ellmer* nos permite acceder a modelos largos de lenguaje ya sea comerciales (openAI, Anthropic, etc.) o libres en local (Llama, Mistral, etc.), mientras que la librería *ragnar* nos permite implementar un RAG.

El componente RAG es clave en nuestra herramienta, ya que nos permite crear una base documental a partir de los documentos de la asignatura. Esto es importante porque el RAG permite que el chatbot use como contexto el material de la asignatura, y no solo el conocimiento con el que ha sido entrenado el modelo largo de lenguaje que estemos usando.

Nuestro chatbot se ha elaborado a partir de las siguientes instrucciones:

- La conversación empieza proponiendo una pregunta tipo test de dificultad media.
- Si el alumno contesta correctamente, la siguiente pregunta es de mayor dificultad, en caso contrario, de menor dificultad.
- En cada interacción, se le explica al alumno si la respuesta es correcta o no, **citando elementos de la base documental**.
- Después de una interacción de cinco rondas de preguntas, se le propone al alumno si desea repasar un concepto

El chatbot es capaz de proponer actividades numéricas con el desarrollo algebraico correspondiente, así como explicar conceptos con ejemplos calibrando el nivel de dificultad.

Como se ha mencionado al inicio, lo relevante, es que todas las **herramientas pueden ser reproducidas por cualquier docente con un nivel intermedio de R**.

Las extensiones planeadas son las siguientes:

- Introducir MathJax para poder compilar el código LaTeX generado por el chatbot
- Alimentar el RAG con la documentación de la librería, para que de esa forma pueda sugerir ejercicios con la misma
- Crear un repositorio con los materiales en formato plantilla para que pueda ser usado por los docentes que les interese.