# Visualizar la variabilidad: una propuesta didáctica para el desarrollo del pensamiento estadístico con ANOVA

Elena Vázquez¹, Rosa Alcover², Vicente Chirivella²

¹Centro de Gestión de la Calidad y del Cambio, Universitat Politècnica de València, España  
³Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad, Universitat Politècnica de València, España

## Abstract

La variabilidad es un concepto central en Estadística y una piedra angular para el desarrollo del pensamiento estadístico. Sin embargo, su comprensión resulta especialmente difícil para muchos estudiantes, que tienden a centrarse únicamente en medidas de centralización. Esta dificultad se debe a múltiples factores, entre ellos la tradición determinista de la enseñanza matemática, la naturaleza abstracta del concepto de variabilidad y la falta de experiencias con datos reales y procesos aleatorios. Este trabajo propone una aproximación didáctica basada en herramientas visuales e interactivas construidas con R para hacer visible la variabilidad y su análisis. Como caso de aplicación, se presenta la herramienta ANOVAlab, centrada en el Análisis de la Varianza (ANOVA), que permite ilustrar la descomposición de la variabilidad total en componentes explicada y residual. Esta propuesta se contextualiza en la asignatura Modelos Estadísticos para la Toma de Decisiones II del Grado en Ciencia de Datos de la Universitat Politècnica de València, y tiene como objetivo reforzar la comprensión conceptual del ANOVA, promover el razonamiento estadístico y facilitar la toma de decisiones basada en datos.

## Palabras clave

Variabilidad; Estadística; Pensamiento estadístico; Aprendizaje; Educación superior; ANOVA; Visualización; Herramientas interactivas; Lenguaje R

## 1. Introducción

La variabilidad constituye el eje estructurante del pensamiento estadístico (Garfield & Ben-Zvi, 2008). Comprenderla permite interpretar los fenómenos aleatorios, modelar datos y evaluar incertidumbres. Sin embargo, diversos estudios han mostrado que los estudiantes tienden a centrarse en medidas de tendencia central, descuidando la naturaleza y función de la variación (Castro Sotos et al., 2007; Cooper & Shore, 2008). El Análisis de la Varianza (ANOVA) es un marco ideal para abordar esta cuestión, al mostrar cómo la variabilidad total se descompone en una parte explicada por los factores de estudio y otra residual. Este trabajo presenta ANOVAlab, una herramienta interactiva desarrollada en R Shiny que busca visualizar esa descomposición y favorecer la comprensión conceptual del modelo lineal.

## 2. Marco teórico y fundamentos metodológicos

El pensamiento estadístico se sustenta en la comprensión de la variabilidad y de los modelos que la explican (Wild & Pfannkuch, 1999). En el ámbito universitario, el modelo lineal general constituye la estructura unificadora de la inferencia estadística (Montgomery, 1991). El ANOVA descompone la Suma de Cuadrados Total (SCT) en una parte explicada por los factores (SCF) y otra residual (SCR), comparando ambas mediante el estadístico F. Las investigaciones didácticas señalan la necesidad de integrar la visualización y la exploración interactiva en el aprendizaje de estos conceptos (Forbes et al., 2014; Loy, 2020; Wang, Rush & Horton, 2017). Estas estrategias promueven una comprensión más profunda de la relación entre datos, variabilidad y modelos.

## 3. Diseño y desarrollo de ANOVAlab

ANOVAlab es una aplicación desarrollada en R Shiny con una arquitectura modular que facilita la exploración de la variabilidad a través de simulaciones y visualizaciones. La herramienta consta de tres componentes principales: un generador de datos, un módulo para ANOVA de un factor y otro para ANOVA de dos factores. Cada uno de ellos se apoya en los materiales docentes de la asignatura y permite la interacción directa del usuario con los parámetros del modelo.

[Insertar Figura 1 aquí]

\*Figura 1. Interfaz del módulo de un factor (selector de parámetros de entrada). Fuente: elaboración propia con ANOVAlab (2025).\*

[Insertar Figura 2 aquí]

\*Figura 2. Distribución por grupos mediante gráfico de violines. Fuente: elaboración propia con ANOVAlab (2025).\*

[Insertar Figura 3 aquí]

\*Figura 3. Tabla ANOVA y representación de la descomposición de sumas de cuadrados. Fuente: elaboración propia con ANOVAlab (2025).\*

El módulo de dos factores amplía esta exploración a la interacción entre factores, mostrando efectos simples e interacciones mediante representaciones tridimensionales y gráficos de interacción.

[Insertar Figura 4 aquí]

\*Figura 4. Interfaz del módulo de dos factores (selector de parámetros). Fuente: elaboración propia con ANOVAlab (2025).\*

[Insertar Figura 5 aquí]

\*Figura 5. Gráfico de interacción para ANOVA de dos factores. Fuente: elaboración propia con ANOVAlab (2025).\*

[Insertar Figura 6 aquí]

\*Figura 6. Tabla ANOVA y representación de las sumas de cuadrados en modelo bifactorial. Fuente: elaboración propia con ANOVAlab (2025).\*

## 4. Implementación didáctica y plan de evaluación

ANOVAlab se implementa en la asignatura Modelos Estadísticos para la Toma de Decisiones II del Grado en Ciencia de Datos. Se propone una secuencia de tres fases: introducción conceptual mediante simulación, aplicación práctica con datos reales y reflexión final sobre los resultados. La evaluación empírica de la herramienta aún no se ha realizado, aunque está planificada. El diseño contempla una combinación de pruebas pretest–postest y análisis cualitativo de las respuestas de los estudiantes para evaluar la comprensión conceptual de la variabilidad y la interpretación del test F.

## 5. Resultados esperados y aportaciones

Se espera que ANOVAlab contribuya a mejorar la comprensión conceptual del ANOVA y del papel de la variabilidad en los modelos estadísticos. La herramienta fomenta la exploración activa y el razonamiento visual, superando enfoques mecanicistas. Además, refuerza la integración del lenguaje R en la enseñanza, conectando la simulación con la interpretación estadística (Tucker et al., 2022; Zhang & Maas, 2019).

## 6. Conclusiones y líneas futuras

ANOVAlab representa una propuesta innovadora que combina rigor estadístico y diseño pedagógico. Al permitir visualizar la variabilidad, facilita el desarrollo del pensamiento estadístico en educación superior. Las líneas futuras incluyen la incorporación de módulos para ANCOVA y modelos mixtos, así como la evaluación empírica del impacto de la herramienta en la comprensión del alumnado.

## Referencias

1. Castro Sotos, A. E., Vanhoof, S., Van den Noortgate, W., & Onghena, P. (2007). Students’ misconceptions of statistical inference: A review of the empirical evidence. \*Educational Research Review\*. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2007.04.001

2. Cooper, L. L., & Shore, F. S. (2008). Students' misconceptions in interpreting center and variability of data via histograms and stem-and-leaf plots. \*Journal of Statistics Education\*. https://doi.org/10.1080/10691898.2008.11889559

3. Forbes, S., Chapman, J. A., Harraway, J., Stirling, D., & Wild, C. (2014). Use of data visualisation in the teaching of statistics: A New Zealand perspective.

4. Garfield, J., & Ben-Zvi, D. (2008). \*Developing Students’ Statistical Reasoning: Connecting Research and Teaching Practice\*. Springer.

5. Kim, T. K. (2017). Understanding one-way ANOVA using conceptual figures. \*Korean Journal of Anesthesiology\*. https://doi.org/10.4097/kjae.2017.70.1.22

6. Loy, A. (2020). Bringing visual inference to the classroom. https://doi.org/10.1080/26939169.2021.1920866

7. Montgomery, D. (1991). \*Diseño y análisis de experimentos\*. Grupo Ed. Iberoamericana.

8. Tucker, M. C., Shaw, S. T., Son, J. Y., & Stigler, J. W. (2022). Teaching Statistics and Data Analysis with R. \*Journal of Statistics and Data Science Education\*. https://doi.org/10.1080/26939169.2022.2089410

9. Wang, X., Rush, C., & Horton, N. J. (2017). Data Visualization on Day One: Bringing big ideas into intro stats early and often. \*arXiv preprint\*.

10. Wild, C. J., & Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry. \*International Statistical Review\*, 67(3), 223–265.

11. Zhang, X., & Maas, Z. (2019). Using R as a simulation tool in teaching introductory statistics. \*Journal on Mathematics Education\*. https://doi.org/10.29333/iejme/5773