



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

Máster en Modelización Económica Avanzada: Técnicas y Aplicaciones (META)

<https://www.ucm.es/last/meta>

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura:	Macro-econometría II: Multiecuacionales
Profesorado	Daniel Fernández Romero
Email	daniel.fernandezr@uam.es
Curso académico	2026-27
Créditos ECTS	6
Semestre	Segundo
Horas lectivas	45

1. Resumen

La asignatura presenta las principales herramientas macroeconómicas multiecuacionales utilizadas para representar relaciones económicas simultáneas, modelizar la interacción dinámica entre varias variables e identificar la transmisión de perturbaciones macroeconómicas.

- El primer bloque estudia los modelos de ecuaciones simultáneas, desde la formulación estructural y reducida hasta los problemas de identificación y su estimación mediante variables instrumentales, mínimos cuadrados en dos, tres etapas y métodos de sistemas.
- El segundo bloque desarrolla los modelos de vectores autorregresivos (VAR), su especificación, estimación, diagnóstico y uso para la predicción y el análisis estructural. Se presta especial atención a la identificación de shocks y a las funciones de respuesta al impulso.
- El tercer bloque introduce las proyecciones locales como método alternativo para estimar respuestas dinámicas, estudia su relación con los VAR y aborda la identificación, la inferencia, las extensiones no lineales y la comparación empírica entre ambos enfoques.

El curso comprende 45 horas lectivas: 27 horas de contenido teórico y 18 horas de trabajo práctico. Las aplicaciones se realizarán principalmente en R y, en determinados temas, en Stata, empleando datos macroeconómicos reales y ejemplos de política monetaria, política fiscal, mercados de trabajo y perturbaciones de oferta. La evaluación se articulará mediante dos entregas individuales y encadenadas: un trabajo intermedio centrado en el análisis VAR y un trabajo final que ampliará ese análisis mediante proyecciones locales, comparación VAR-LP y ejercicios de robustez, ambos con formato de artículo académico.

2. Objetivos

- Comprender la lógica económica y econométrica de los modelos multiecuacionales y distinguir entre forma estructural, forma reducida y forma final.
- Reconocer los problemas de simultaneidad y endogeneidad, y analizar las condiciones de orden y rango necesarias para la identificación de una ecuación o de un sistema.



- Estimar modelos de ecuaciones simultáneas mediante variables instrumentales, 2SLS, 3SLS y SURE, interpretando sus supuestos, ventajas y limitaciones.
- Especificar y estimar modelos VAR, seleccionar retardos, evaluar su estabilidad y realizar los principales contrastes de diagnóstico.
- Distinguir entre innovaciones de forma reducida, shocks estructurales e instrumentos externos, y comprender el problema fundamental de identificación en macroeconometría.
- Aplicar esquemas de identificación recursiva, restricciones de largo plazo, restricciones de signo e instrumentos externos o proxy SVAR.
- Calcular, representar e interpretar funciones de respuesta al impulso, respuestas acumuladas, descomposiciones de la varianza del error de predicción y descomposiciones históricas.
- Estimar respuestas dinámicas mediante proyecciones locales y LP-IV, seleccionar controles y retardos, y realizar inferencia robusta en horizontes solapados.
- Comparar los resultados obtenidos mediante VAR y proyecciones locales, diseñar análisis de robustez y presentar un estudio empírico reproducible con estándares de artículo académico.

3. Metodología docente

La asignatura se imparte en modalidad online asíncrona y se articula exclusivamente mediante sesiones teóricas y sesiones prácticas aplicadas. Los contenidos y materiales se organizarán por temas en el Campus Virtual, conforme al calendario de la asignatura.

- **Sesiones teóricas.** Se desarrollarán los fundamentos económicos y econométricos de cada método mediante materiales audiovisuales, presentaciones, lecturas y derivaciones guiadas. La exposición combinará la formulación formal con la interpretación económica de los supuestos de identificación y de los resultados.
- **Sesiones prácticas en R y Stata.** Las prácticas se realizarán principalmente en R y, de forma complementaria, en Stata. Cada práctica utilizará datos reales y reproducirá las distintas etapas de un análisis macroeconómico: preparación de las series, estimación, diagnóstico, identificación, cálculo de respuestas dinámicas, representación gráfica y análisis de robustez.

Se facilitarán guías de trabajo, bases de datos, códigos comentados y ejercicios resueltos. El seguimiento del aprendizaje se realizará mediante la mensajería y el foro del Campus Virtual, así como mediante videotutorías a demanda.

4. Evaluación

La evaluación será individual y se realizará mediante dos entregas vinculadas: un trabajo intermedio (40%) y un trabajo final integrado (60%). Ambas se desarrollarán sobre la misma pregunta y base de datos; la entrega final ampliará, revisará y culminará el análisis realizado en la intermedia.

- **Trabajo intermedio: análisis VAR (40%).** Se entregará al finalizar el bloque de modelos VAR y SVAR.
 - Selección y justificación de al menos tres variables macroeconómicas, con descripción de las fuentes, frecuencia, muestra, transformaciones y pregunta de investigación.



- Especificación y estimación de un modelo VAR, incluyendo selección de retardos, términos deterministas, comprobación de estabilidad y diagnóstico de los residuos.
- Identificación de al menos un shock macroeconómico y análisis de sus funciones de respuesta al impulso, con intervalos de confianza, interpretación económica, informe escrito y código reproducible.
- **Trabajo final integrado: comparación VAR-LP (60%).** Partirá del trabajo intermedio e incorporará las proyecciones locales.
 - Revisión del análisis VAR a partir de las observaciones recibidas e integración de sus resultados en una versión unificada del estudio.
 - Estimación de la misma respuesta dinámica mediante proyecciones locales y comparación sistemática con las funciones de respuesta al impulso obtenidas mediante el VAR.
 - Análisis de robustez similar al de un artículo académico: especificaciones alternativas, retardos, ordenación o estrategia de identificación, transformaciones, muestra, horizontes e inferencia.
 - Entrega de un artículo macroeconómico breve, el código reproducible y la información necesaria para reconstruir la base de datos y todos los resultados presentados.

La calificación se distribuirá de acuerdo con la siguiente rúbrica:

Entrega y criterio	Peso
Trabajo intermedio — Pregunta, motivación y tratamiento de los datos	10%
Trabajo intermedio — Especificación, estimación y diagnóstico del VAR	15%
Trabajo intermedio — Identificación estructural y funciones de respuesta al impulso	15%
Trabajo final — Revisión e integración del análisis VAR	10%
Trabajo final — Proyecciones locales y comparación VAR-LP	20%
Trabajo final — Robustez, inferencia y discusión de limitaciones	20%
Trabajo final — Redacción, claridad gráfica y reproducibilidad	10%

Para superar la asignatura será imprescindible entregar ambos trabajos, junto con sus respectivos códigos reproducibles, incluir los componentes mínimos descritos y obtener una calificación final ponderada igual o superior a 5 sobre 10. La falta de entrega de cualquiera de los dos trabajos impedirá superar la asignatura.



5. Temario

El programa se organiza en quince unidades de tres horas, que combinan exposición teórica y aplicación empírica. La distribución de horas es orientativa y podrá ajustarse ligeramente al ritmo del curso.

Bloque	Teoría	Práctica	Total
Modelos de ecuaciones simultáneas	7 h	5 h	12 h
Modelos VAR y SVAR	12 h	9 h	21 h
Proyecciones locales	8 h	4 h	12 h
Total	27 h	18 h	45 h

Bloque 1. Modelos de ecuaciones simultáneas

1. Introducción a los modelos multiecuacionales (3 horas)

- 1.1. Motivación económica: sistemas de oferta y demanda y relaciones simultáneas.
- 1.2. Variables endógenas, exógenas y predeterminadas. Exogeneidad estricta y débil.
- 1.3. Forma estructural, forma reducida y forma final. Interpretación económica de los parámetros.
- 1.4. Sesgo de simultaneidad e inconsistencia de mínimos cuadrados ordinarios.

2. Especificación e identificación (3 horas)

- 2.1. Sistemas completos, ecuaciones redundantes y restricciones estructurales.
- 2.2. Condición de orden y condición de rango.
- 2.3. Ecuaciones subidentificadas, exactamente identificadas y sobreidentificadas.
- 2.4. Contenido económico y credibilidad de las restricciones de exclusión.

3. Estimación de ecuaciones y sistemas (3 horas)

- 3.1. Variables instrumentales y mínimos cuadrados en dos etapas (2SLS).
- 3.2. Relevancia, exogeneidad, instrumentos débiles y contrastes de sobreidentificación.
- 3.3. Mínimos cuadrados en tres etapas (3SLS) y ganancias de eficiencia.
- 3.4. Panorámica de GMM y máxima verosimilitud para sistemas simultáneos.

4. Extensiones y aplicación empírica (3 horas)

- 4.1. Modelos recursivos, modelos dinámicos y sistemas SURE.
- 4.2. Predicción condicionada en modelos multiecuacionales.
- 4.3. Aplicación en R y Stata: estimación de un sistema simultáneo con datos reales.
- 4.4. Interpretación, diagnóstico y presentación de resultados.



Bloque 2. Modelos VAR y SVAR

5. Fundamentos de los modelos VAR (3 horas)

- 5.1. *El VAR(p) como sistema dinámico multivariante.*
- 5.2. *Formas estructural y reducida. Representación matricial.*
- 5.3. *Representación de medias móviles y teorema de Wold.*
- 5.4. *Estacionariedad, estabilidad y estimación ecuación por ecuación.*

6. Especificación, estimación y diagnóstico (3 horas)

- 6.1. *Transformaciones, estacionalidad, tendencias y términos deterministas.*
- 6.2. *Selección del número de retardos mediante criterios de información.*
- 6.3. *Contrastes de autocorrelación, heterocedasticidad, normalidad y estabilidad.*
- 6.4. *Aplicación en R: construcción, estimación y validación de un VAR macroeconómico.*

7. Predicción y causalidad de Granger (3 horas)

- 7.1. *Predicción multivariante y evaluación dentro y fuera de muestra.*
- 7.2. *Causalidad de Granger, exogeneidad en bloque e interpretación.*
- 7.3. *Limitaciones de la causalidad predictiva como evidencia causal.*
- 7.4. *Aplicación empírica y representación de predicciones.*

8. Shocks estructurales e identificación recursiva (3 horas)

- 8.1. *Innovaciones de forma reducida, shocks estructurales e instrumentos: diferencias conceptuales.*
- 8.2. *El problema de identificación de la matriz contemporánea.*
- 8.3. *Restricciones de corto plazo y descomposición de Cholesky.*
- 8.4. *Ordenación de variables, normalización y contenido económico de las restricciones.*

9. Estrategias alternativas de identificación (3 horas)

- 9.1. *Restricciones de largo plazo.*
- 9.2. *Restricciones de signo y restricciones narrativas de signo.*
- 9.3. *Instrumentos externos, proxy SVAR e identificación de alta frecuencia.*
- 9.4. *Relevancia, exogeneidad y diagnóstico de los instrumentos externos.*

10. Análisis dinámico e inferencia (3 horas)

- 10.1. *Funciones de respuesta al impulso: normalización, escalado y respuestas acumuladas.*
- 10.2. *Descomposición de la varianza del error de predicción.*
- 10.3. *Descomposición histórica de las fluctuaciones macroeconómicas.*
- 10.4. *Intervalos de confianza, bootstrap y sensibilidad a la especificación.*



11. Otros tipos de VAR y extensiones (3 horas)

- 11.1. Motivación: limitaciones del VAR convencional y elección de extensiones según la pregunta económica y las características de los datos.*
- 11.2. Panorámica de los VECM, Panel VAR y modelos VAR aumentados por factores (FAVAR).*
- 11.3. VAR bayesianos (BVAR): regularización, elección de priors y aplicaciones con sistemas de mayor dimensión.*
- 11.4. VAR con parámetros cambiantes en el tiempo (TVP-VAR), Markov-switching VAR y otras extensiones no lineales.*

Bloque 3. Proyecciones locales

12. Fundamentos y relación entre VAR y proyecciones locales (3 horas)

- 12.1. Respuestas al impulso como diferencias entre expectativas condicionales.*
- 12.2. Estimación horizonte a horizonte mediante proyecciones locales.*
- 12.3. Nexo teórico y equivalencia entre VAR y LP bajo especificación correcta.*
- 12.4. Ventajas y desventajas: robustez, eficiencia, flexibilidad y extrapolación dinámica.*

13. Especificación e inferencia en proyecciones locales (3 horas)

- 13.1. Variables dependientes en niveles, diferencias y cambios acumulados.*
- 13.2. Selección de controles, retardos y horizonte máximo.*
- 13.3. Horizontes solapados, autocorrelación e inferencia HAC o bootstrap.*
- 13.4. Sesgo-varianza, proyecciones locales suavizadas y diagnóstico gráfico.*

14. Identificación causal y LP-IV (3 horas)

- 14.1. Uso de shocks previamente identificados en proyecciones locales.*
- 14.2. Proyecciones locales con variables instrumentales y equivalencia con proxy SVAR.*
- 14.3. Multiplicadores dinámicos, normalización y construcción de respuestas acumuladas.*
- 14.4. Aplicaciones con datos de panel, efectos fijos y errores agrupados: introducción.*

15. Extensiones, comparación VAR-LP y flujo de investigación (3 horas)

- 15.1. Asimetrías, no linealidades y respuestas dependientes del estado.*
- 15.2. Panel local projections y conexión con diseños de diferencias en diferencias.*
- 15.3. Comparación empírica de respuestas VAR y LP con un mismo shock y conjunto de datos.*
- 15.4. Análisis de robustez, presentación de resultados y elaboración del trabajo final integrado en R y Stata.*



6. Bibliografía

Bibliografía básica

- Hamilton, J. D. (1994). *Time Series Analysis*. Princeton University Press.
- Jordà, O. (2005). Estimation and inference of impulse responses by local projections. *American Economic Review*, 95(1), 161-182.
- Jordà, O. (2023). Local projections for applied economics. *Annual Review of Economics*, 15, 607-631.
- Jordà, O., & Taylor, A. M. (2025). Local projections. *Journal of Economic Literature*, 63(1), 59-110.
- Kilian, L., & Lütkepohl, H. (2017). *Structural Vector Autoregressive Analysis*. Cambridge University Press.
- Lütkepohl, H. (2005). *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. Springer.
- Novalés, A. (1993). *Econometría*. McGraw-Hill, capítulos 17 y 18.
- Ramey, V. A. (2016). Macroeconomic shocks and their propagation. En J. B. Taylor y H. Uhlig (eds.), *Handbook of Macroeconomics*, vol. 2, 71-162. Elsevier.
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (2001). Vector autoregressions. *Journal of Economic Perspectives*, 15(4), 101-115.

Bibliografía complementaria: modelos de ecuaciones simultáneas y software

- Henningsen, A., & Hamann, J. D. (2007). systemfit: A package for estimating systems of simultaneous equations in R. *Journal of Statistical Software*, 23(4), 1-40.
- Pfaff, B. (2008). *Analysis of Integrated and Cointegrated Time Series with R*. Springer.
- Tsay, R. S. (2013). *Multivariate Time Series Analysis: With R and Financial Applications*. Wiley.
- Zellner, A., & Theil, H. (1962). Three-stage least squares: Simultaneous estimation of simultaneous equations. *Econometrica*, 30(1), 54-78.

Bibliografía complementaria: VAR, identificación y shocks macroeconómicos

- Antolín-Díaz, J., & Rubio-Ramírez, J. F. (2018). Narrative sign restrictions for SVARs. *American Economic Review*, 108(10), 2802-2829.
- Bańbura, M., Giannone, D., & Reichlin, L. (2010). Large Bayesian vector auto regressions. *Journal of Applied Econometrics*, 25(1), 71-92.
- Bernanke, B. S., Boivin, J., & Elias, P. (2005). Measuring the effects of monetary policy: A factor-augmented vector autoregressive (FAVAR) approach. *Quarterly Journal of Economics*, 120(1), 387-422.
- Blanchard, O., & Perotti, R. (2002). An empirical characterization of the dynamic effects of changes in government spending and taxes on output. *Quarterly Journal of Economics*, 117(4), 1329-1368.
- Gertler, M., & Karadi, P. (2015). Monetary policy surprises, credit costs, and economic activity. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 7(1), 44-76.



- Miranda-Agrippino, S., & Ricco, G. (2021). The transmission of monetary policy shocks. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 13(3), 74-107.
- Primiceri, G. E. (2005). Time varying structural vector autoregressions and monetary policy. *Review of Economic Studies*, 72(3), 821-852.
- Ramey, V. A. (2011). Identifying government spending shocks: It's all in the timing. *Quarterly Journal of Economics*, 126(1), 1-50.
- Ramey, V. A., & Zubairy, S. (2018). Government spending multipliers in good times and in bad: Evidence from U.S. historical data. *Journal of Political Economy*, 126(2), 850-901.
- Sims, C. A. (1980). Macroeconomics and reality. *Econometrica*, 48(1), 1-48.
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (2018). Identification and estimation of dynamic causal effects in macroeconomics using external instruments. *Economic Journal*, 128(610), 917-948.
- Uhlig, H. (2005). What are the effects of monetary policy on output? Results from an agnostic identification procedure. *Journal of Monetary Economics*, 52(2), 381-419.

Bibliografía complementaria: proyecciones locales

- Adämmmer, P. (2019). lpirfs: An R package to estimate impulse response functions by local projections. *The R Journal*, 11(2), 421-438.
- Barnichon, R., & Brownlees, C. (2019). Impulse response estimation by smooth local projections. *Review of Economics and Statistics*, 101(3), 522-530.
- Gonçalves, S., Herrera, A. M., Kilian, L., & Pesavento, E. (2024). State-dependent local projections. *Journal of Econometrics*, 244(2), 105702.
- Herbst, E. P., & Johannsen, B. K. (2024). Bias in local projections. *Journal of Econometrics*, 240(1), 105655.
- Montiel Olea, J. L., & Plagborg-Møller, M. (2021). Local projection inference is simpler and more robust than you think. *Econometrica*, 89(4), 1789-1823.
- Olea, J. L. M., Plagborg-Møller, M., Qian, E., & Wolf, C. K. (2025). Local projections or VARs? A primer for macroeconomists. Working paper.
- Plagborg-Møller, M., & Wolf, C. K. (2021). Local projections and VARs estimate the same impulse responses. *Econometrica*, 89(2), 955-980.

Recursos docentes

- Stock, J. H., & Watson, M. W. Time-Series Econometrics. AEA Continuing Education Webcasts, 2019.
- Jordà, O., & Mertens, K. Techniques of Empirical Macroeconomics. AEA Continuing Education Webcasts, 2023.