

[PORTADA](#)

[INDICE Nº 12](#)

## POSIBILIDADES Y LIMITACIONES DE LAS MATEMÁTICAS EN LA ECONOMÍA

**Antonio Pulido San Román**

Catedrático de Economía Aplicada U.A.M.  
Director del Instituto L. Klein – Centro Stone

### 1. Introducción

Hay que empezar por reconocer que las matemáticas, en general, podrán contar con el respeto, pero no con el cariño de la sociedad en su conjunto. Las matemáticas, incluso aplicadas a diferentes campos del saber, se identifican frecuentemente, por los ajenos a este campo, como algo difícil y frío, lejano a todo planteamiento humanista e integrador. Debo hacerles una confidencia personal en esta línea: cuando en mi juventud elegí estudiar «Económicas», unas de las motivaciones era que se presentaba como una carrera en que predominaban esos aspectos humanistas y tenía un escaso contenido matemático. Hasta la Facultad en que se estudiaba economía en los años 50 tenía una denominación de amplio contenido social: «Facultad de Ciencias Políticas, Económicas y Comerciales».

La Unión Matemática Internacional (IMU) ha promovido, con el apoyo de la UNESCO y a escala mundial, el Año Mundial de las Matemáticas, con el objetivo de reivindicar su papel en el mundo actual y reflexionar sobre los desafíos que planteará el nuevo siglo en este campo.

Con gran acierto, en mi opinión, la celebración se ha extendido a todos aquellos que utilizamos las matemáticas en los más diversos campos y no sólo a las Facultades de Ciencias. La fiesta se ha ampliado para que participemos todos los que, de una u otra forma, dependemos de su desarrollo, lo que es tanto como invitar a la sociedad en su conjunto. Porque no hay ninguna duda de que si aplicásemos a los campos científicos los títulos que se utilizan para algunos lugares históricos, debiera calificarse a las Matemáticas como «Patrimonio de la Humanidad» en uno de sus más altos grados.

Mi trayectoria personal me ha llevado a utilizar las técnicas de análisis matemático y muy especialmente la estadística aplicada a la economía como herramienta de trabajo permanente. Para ello tuve que recorrer un amplio camino de sensibilización y formación que casi me decidieron a matricularme en la Facultad de Ciencias para estudiar Matemáticas y que suplí con una carrera más corta en la Escuela de Estadística. Como anécdota puedo contar que durante mis años de estudiante de económicas, una vez ya convencido de la importancia de las técnicas cuantitativas, me compraba libros que contuviesen fórmulas casi como una terapia para evitar mi repulsa inicial a las matemáticas, que tardé años en superar. Durante mucho tiempo miraba con envidia a mis compañeros que se compraban «libros sin fórmulas» de economía que tardaban pocos días en leer, mientras yo me estancaba en comprender unas pocas páginas por día. Creo que un no-matemático, economista convencido pero usuario durante años del instrumental matemático-estadístico, puede ayudar a mejorar la estima por las Matemáticas de alumnos y compañeros en la carrera docente.

Pero entiendo que la mejor defensa de la componente matemática de la economía no es su aceptación general, sin reservas y sin avisar de sus dificultades e incluso de sus peligros. Por eso no esperen una loa continuada del uso de las Matemáticas en la Economía y la Gestión de Empresas. Mi tesis central es que la mejor defensa de la econometría, la estadística económica o la economía matemática está en ser conscientes de sus potencialidades pero también de sus limitaciones.

Por ello me propongo iniciar este artículo recordando el aviso que hacía Keynes de que "los economistas buenos o simplemente competentes escasean como los pájaros más exóticos". y añadía que la razón es que el economista necesita poseer una combinación de dotes poco frecuente. "Tiene que alcanzar un nivel elevado en diferentes direcciones y debe reunir talentos que no se encuentran juntos. Debe ser un matemático, historiador y estadista, y filósofo hasta cierto punto. Debe

comprender los símbolos y hablar con palabras. Debe contemplar aspectos particulares en relación con un todo, abordar conjuntamente lo abstracto y lo concreto. Debe estudiar el presente en función del pasado y pensando en el futuro. Ningún aspecto de la naturaleza humana o de sus instituciones debe pasar inadvertido a su curiosidad observadora. Debe simultanear la voluntad de acción con la neutralidad; debe ser elevado e incorruptible como un artista y estar a veces tan cerca del suelo como un político".

## 2. Lo que no puede hacerse en Economía sin un planteamiento matemático

Richard Ruggles, durante años profesor de economía en la Universidad de Yale y uno de los principales propulsores de la Contabilidad Nacional, resumía hace años los principales enfoques metodológicos en los cinco siguientes: [1]

1. Economía matemática
2. Métodos estadísticos
3. Econometría
4. Economía institucional
5. Economía especulativa

Su visión eminentemente cuantitativa de la economía puede resumirse en su conceptualización de la economía especulativa como residual, "en el sentido de que todo análisis que no siga procedimientos matemáticos, que no emplee el análisis estadístico, o no se base en otros tipos de información empírica recogida, puede considerarse como especulativo".

Este respeto por todo el desarrollo matemático de la ciencia económica es ampliamente compartido por muchos investigadores: "Dentro del campo específico de la Economía, los progresos mediante el uso de técnicas matemáticas en la formulación y análisis de modelos han adquirido una cierta admiración y respeto intelectual, si bien la divulgación y discusión de estos conocimientos se ha visto limitada por las complejidades matemáticas inherentes en estos desarrollos, que no están al alcance de un gran número de economistas. En este sentido, también pensamos que en la ciencia económica, las teorías no han sido valoradas de modo generalizado por su apelación o belleza técnica, sino por el ámbito de su aplicación y su posible influencia en otras construcciones teóricas". [2]

El autor de estas palabras, Manuel Santos, subraya el papel central de la construcción matemática de la ciencia económica: "Las Matemáticas son útiles en la construcción de la situación idealizada, siendo un pilar fundamental de nuestra capacidad de raciocinio. Obviamente, las Matemáticas ofrecen las herramientas básicas para la construcción y análisis de modelos, los cuales en una etapa posterior serán evaluados de acuerdo a su poder predictivo".

Gérard Debreu, Premio Nobel de Economía de 1983 y uno de los constructores de la moderna economía matemática, en particular del equilibrio general, hace en un artículo de revisión de su vida [3] una profesión de fe en el rigor metodológico y en el enfoque matemático de la economía: Las recompensas de mi fidelidad al rigor fueron muchas. Ese rigor ayudaba a elegir las herramientas matemáticas más adecuadas para un punto concreto de teoría económica. Al adoptar la postura inflexible del matemático, también permitía comprender el comportamiento de los objetos matemáticos, en el deseo de encontrar supuestos cada vez más débiles y conclusiones cada vez más fuertes y en la búsqueda compulsiva de la sencillez.

Estaríamos en la mejor tradición de otro economista matemático de la etapa de construcción formal de nuestra ciencia, Leon Walras, cuando descalificaba a los que huían del enfoque matemático posiblemente por desconocimiento y bajo la justificación de los aspectos no cuantificables de una ciencia social: "En cuanto a aquellos economistas que no saben nada de Matemáticas, que no saben lo que quieren decir las Matemáticas y aún así han tomado la posición de que las Matemáticas posiblemente no sirvan para elucidar principios económicos, dejemos que sigan repitiendo que «la libertad humana nunca puede expresarse en ecuaciones» o que «las Matemáticas ignoran las fricciones que son todo en la vida social» y otras frases igualmente contundentes y pomposas. No podrán impedir que la teoría de la determinación de precios bajo libre competencia sea una teoría matemática" [4]. Incluso a un economista de la amplitud de miras de Lawrence Klein, Premio Nobel de Economía de 1980, se le asigna una frase tan contundente (y posiblemente tan exagerada) como que "las contribuciones no matemáticas a la economía son vagas, burdas y torpes".

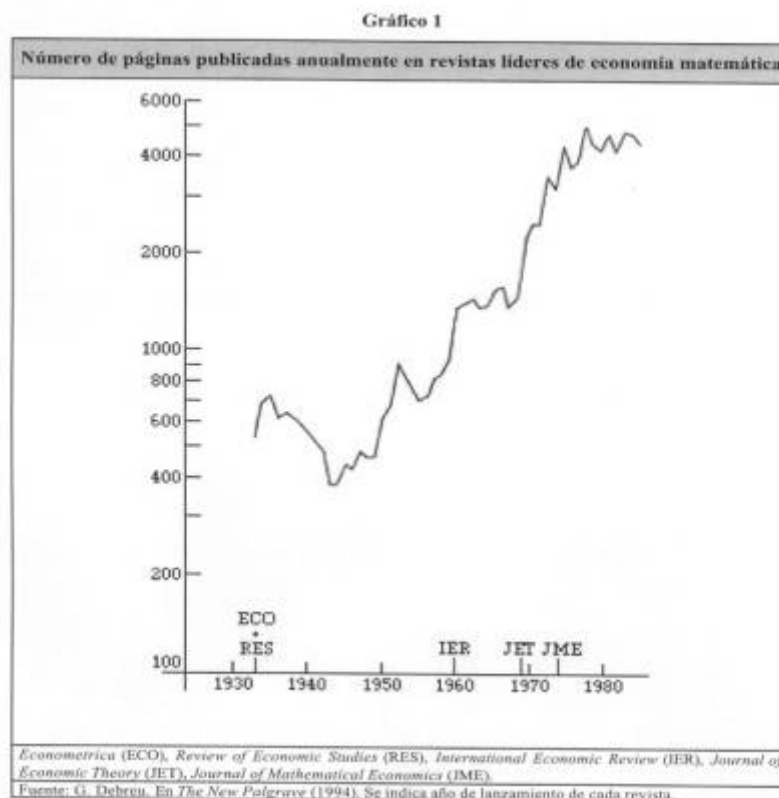
[5]

Pero aparte de opiniones, hay pruebas empíricas de la difusión creciente de la expresión matemática de las ideas económicas. Libros aparte, la publicación de artículos que utilizan técnicas cuantitativas es hoy día una práctica generalizada. Como es conocido, cuando en 1933 se empieza a publicar *Econometría* se busca un canal, hasta ese momento inexistente, para difundir los trabajos que integran economía/matemáticas/estadística. Como puede verse en el Gráfico 1, incluido en la conocida enciclopedia Palgrave[6], en sólo 50 años ya se había multiplicado por 10 el número de artículos publicados en las cinco revistas más características del enfoque matemático de la Economía (*Econometrica*, *Review of Economic Studies*, *International Economic Review*, *Journal of Economic Theory*, *Journal of Mathematical Economics*).

Cuando se trata del papel de la matemática en economía, se tiende a centrarse en la denominada economía matemática, es decir, en la expresión matemática de la teoría económica. En el diccionario Palgrave y bajo la denominación *mathematical economics* se citan los trabajos pioneros de Augustin Cournot, Léon Walras o Vilfredo Pareto en el siglo XIX y la consolidación durante los últimos 100 años a través de las nuevas vías abiertas por múltiples autores entre los que es habitual citar a John von Neumann, John Hicks, Paul Samuelson, Oskar Morgenstem, Tjalling Koopmans, Gérard Debreu,... en una lista prácticamente interminable.

Pero no sólo los libros de Macro y Microeconomía están repletos de fórmulas matemáticas. Aparte de que el soporte matemático haya ayudado a los economistas a expresar sus pensamientos teóricos, ha sido imprescindible en el desarrollo de técnicas de obtención y análisis de datos, tanto en el campo de la economía general como de la gestión empresarial. Sólo a título de ejemplo haré algunas breves referencias a las técnicas estadísticas del muestreo en poblaciones finitas o análisis multivariante, los diversos enfoques propios de la Investigación Operativa, los distintos procedimientos de predicción y simulación, los modelos econométricos, la dinámica de sistemas, el análisis de series temporales o de panel data, etc.

No voy aquí a hacer un árido y siempre incompleto repaso de lo mucho disponible en cada uno de estos campos. Siguiendo el dicho popular de que un ejemplo vale más que mil palabras, sólo voy a citar algunas experiencias concretas en cada uno de estos campos.



Para empezar, hay que reconocer que sin las técnicas de muestreo el economista no

dispondría prácticamente de datos ni a nivel general (Encuesta de Población Activa, IPC, Encuesta de Salarios, etc.), ni a escala sectorial (producción industrial, turismo, transporte, viviendas, etc.), ni tan siquiera para cubrir las necesidades de la gestión empresarial (estudios de mercado, por ejemplo). Determinar el tamaño de la muestra, diseñar el proceso de elección de las unidades informantes, elevar los resultados muestrales a escala poblacional, determinar los porcentajes de error,..., son exigencias irrenunciables para el economista profesional.

Una vez hemos asegurado un adecuado flujo de datos, debemos disponer de las adecuadas técnicas de análisis. Programas enteros de tratamiento de datos en ordenador como el SPSS o el SAS, de amplia difusión entre los economistas más prácticos, se basan en técnicas estadísticas de análisis multivariante tales como el análisis factorial o discriminante, cluster, componentes principales, diseño de experimentos, etc.

En el variado campo de las técnicas de Investigación Operativa encontramos solución a múltiples problemas de optimización económica y gestión empresarial. Por citar sólo una de las múltiples opciones disponibles, la teoría de grafos, personalmente he comprobado su utilidad en la programación de actividades (PERT, CPM y similares), así como en análisis input-output u optimización de redes de transporte. Pero las posibilidades de otras técnicas como teorías de colas, teoría de stocks, diferentes variantes de la programación matemática, etc., abren permanentemente nuevas posibilidades, principalmente en los variados problemas de la gestión empresarial.

No querría dejar sin una referencia obligada por la seriedad de sus planteamientos y la utilidad de sus desarrollos, a la Matemática de las Operaciones Financieras o a la Estadística Actuarial, materias de nuestros planes de estudio que han terminado impregnando a la profesión completa de economistas especializados en financiación y de los actuarios de seguros.

Uno de los terrenos más fértiles para las técnicas cuantitativas es el de la predicción y simulación de alternativas. Como pequeña anécdota personal comentaré mi incorporación en 1973 a la Universidad Autónoma de Madrid como director del entonces Departamento de Comercial que posteriormente daría lugar a los Departamentos de Investigación Comercial y Econometría de la Empresa e Informática. Soy testigo de privilegio de cómo la enseñanza del marketing fue adquiriendo entidad científica y profesional al incorporar modelos teóricos (p. ej. estrategia comercial en régimen de oligopolio) y armar sus técnicas de análisis introduciendo predicciones de ventas o modelos de simulación en precios, publicidad, etc. queda ahora lejana una época poco evolucionada del marketing en que este campo era considerado como una materia «prácticon» de segundo fila. [7]

Porque hoy día la predicción y la simulación de alternativas en las más diversas áreas de la macroeconomía o de la empresa es una actividad casi imprescindible para cualquier economista: predecir inflación, paro, crecimiento, tipos de interés o rentabilidad de una empresa; simular efectos de políticas alternativas del gobierno, de entornos internacionales distintos o de acciones propias o de la competencia de una empresa.

Para ello el economista cuenta con los desarrollos matemático-estadístico-econométricos del análisis de series temporales, la regresión o la cointegración, las técnicas que utilizan variables cualitativas y datos de corte transversal o de panel, los modelos estocásticos multiecuacionales, la dinámica de sistemas, la técnica de escenarios, los métodos de tratamiento de la información subjetiva tipo Delphi o cross-impact, etc., etc.

En particular mi experiencia personal después de desarrollar varios cientos de modelos econométricos (o con más generalidad, de modelos empíricos formalizados[8]) es que hoy día constituyen una herramienta imprescindible para cualquier economista (aunque sólo una herramienta), como pueden ser un análisis de sangre o una ecografía para un médico.

Resumiendo mi posición en este punto de que no puede hacerse en Economía sin un planteamiento matemático: ni una teoría económica integradora, ni una economía aplicada a la altura de la potencialidad de las nuevas tecnologías informáticas y de las necesidades de los organismos internacionales, los gobiernos, las empresas u otro tipo de instituciones públicas o privadas.

### **3. En defensa de un uso razonable de las Matemáticas en Economía**

Muchos economistas ya asentados en la profesión y también muchos alumnos de nuestras Facultades de Económicas y Empresariales, tienen una opinión muy crítica con el papel de las Matemáticas. Desconocerlo y hacer sólo un discurso paralelo de defensa como el que hasta aquí he desarrollado, creo que sería un mal servicio a la reflexión que exige el Año Mundial de las Matemáticas. Como en otros muchos aspectos de la vida, unos efectos favorables exigen aplicaciones correctas, dosis adecuadas, ausencia de fanatismos excluyentes y reconocimiento explícito de las posibles limitaciones.

En la introducción del editor del libro *Grandes economistas de hoy*, ya comentado con anterioridad, Michael Szenberg recoge algunas opiniones especialmente críticas sobre una matematización exagerada de la economía. Cita a un economista de la Universidad de Cambridge, John Eatwell, que llegó a afirmar que "si el mundo no es como el modelo, pues peor para el mundo". Personalmente hacia mediados de los 70 contraté a un economista recién regresado de una prestigiosa universidad norteamericana para los trabajos de construcción de un modelo para la entonces Comisaría del Plan de Desarrollo. Al cabo de unos meses me presentó un modelo que era incapaz de recoger, con un mínimo de exigencia, la evolución observada de la economía española. Cuando le insistí en la inoperancia del modelo econométrico estimado, me insistió en que el problema no estaba en el modelo, que era correcto, sino en que la economía española no funcionaba como debía.

Hay que reconocer que, como indica Szenberg, el hecho de que "la verdad sienta la tentación de expandirse hasta convertirse en falsedad (toda virtud se transforma en vicio con el exceso y nada falla tanto como el exceso) ilustra los extremos a que ha llevado la excesiva matematización de la economía. No obstante, los científicos piensan que reducir los fenómenos complejos a un conjunto de ecuaciones supone una belleza similar a la que ofrece la poesía".

Por supuesto la crítica no es sólo aplicable a la economía matemática teórica. Más de un economista interesado por la modelización aplicada, piensa como Evsey Domar, que confesó en una reunión de la Asociación Norteamericana de Economía: "Mi vínculo principal, si bien sólo periódico, con los econométricos consiste en los dólares que pago todos los años por su incomprensible revista" (se refiere a *Econométrica*).

Todos estos excesos han llevado a economistas de la talla de Wassily Leontief, Premio Nobel de Economía de 1973 y recientemente fallecido a sus 93 años, a denunciar que algunos Departamentos de Economía "están preparando a una generación de eruditos estúpidos, genios de las matemáticas esotéricas pero verdaderos niños en materia de vida económica real" [9]

O a Paul Samuelson, Premio Nobel de Economía de 1970 y uno de los puntales de la Economía Matemática, quien defiende una economía «desde el corazón» en que se hermanen la eficacia técnica y el humanismo ético. Respecto a los modelos econométricos reconoce "que yo jamás menosprecio los estudios econométricos, pero he aprendido, a través de una triste experiencia, a tomármelos con bastante calma" [10]. En una reunión informal llegó a admitir que su sospecha sobre la subjetividad en la utilización de modelos le llevaba a imaginarse a Lawrence Klein manejando las tripas del ordenador que daba las predicciones que elaboraba con su equipo.

Para muchos economistas, lo importante es no tener que decidir entre una opción matemática y otra no-matemática para la economía. "Es lamentable que el rápido desarrollo de la economía matemática haya tendido a separar a los economistas en una fracción literaria y otra matemática. Los proponentes del método matemático tienden a hablar solamente de matemáticas en comparación con un pensamiento literario confuso y los oponentes tienden a hablar solamente de matemáticas deficientes en relación con el pensamiento claro y lógico. La formación matemática nunca convertirá a un gran economista en un economista mediocre pero, por otro lado, como señalaba Stigler, tampoco convertirá a un economista mediocre en un gran economista" [11].

Precisamente fue Joseph Stigler, profesor durante años en la Universidad de Chicago y Premio Nobel de Economía de 1982 quien dijo que "sería imposible utilizar en el presente una matemática esnobista. Es como si se fuera a afirmar que el idioma es sólo para expresar pensamientos puros: existe también una pornografía matemática" [12].

La elección no es pues entre utilizar o no las Matemáticas en Economía, sino entre hacerlo o no con las suficientes garantías y en las dosis adecuadas. "El hecho de que algunos analistas

desarrollen formulaciones teóricas carentes de garantía, con el único fin de utilizar técnicas matemáticas específicas, no debe emplearse como argumento contra la economía matemática, sino que supone más bien un empleo deficiente del método matemático... No puede negarse ciertamente que podrían aclararse muchos conceptos confusos aplicando algunos de los pasos lógicos que se emplean en el proceso matemático riguroso, aunque también puede ser cierto lo contrario”[\[13\]](#)

Creo que una gran parte de los economistas comparten la idea de que la economía necesita las matemáticas, las técnicas cuantitativas, pero no puede reducirse sólo a matemáticas. Decía uno de los economistas más innovadores de todos los tiempos, el austriaco Joseph Schumpeter que "si con el fin de comprender la economía, hubiera que elegir entre dominar la historia económica y dominar las matemáticas y la estadística, no cabe duda de que habría que decidirse por lo primero". Pero lo cierto es que no hay que elegir, más bien hay que saber integrar lo uno y u otro.

#### **4. Reflexiones finales: una visión personal**

Posiblemente es verdad que, en el límite, un especialista es el que sabe todo de nada y un generalista el que sabe nada de todo. Es decir, en ambos casos extremos nos encontramos con espacios vacíos.

Cuando uno se inicia en una nueva técnica o teoría como especialista, tendemos a depositar en ella, incluso por egoísmo personal para justificar nuestro esfuerzo y para sentirnos importantes, una confianza excesiva. Posiblemente la experiencia va enfriando nuestros ardores iniciales y poniendo las cosas más en su sitio. Pero reconocer los límites e imperfecciones de una técnica o teoría no exige repudiarla, ni tan siquiera alejarse de ella. Debe ser un acicate adicional para perfeccionarla, para mejor entenderla, para aplicarla con la necesaria cautela.

Esta reflexión de carácter general es especialmente cierta en las aplicaciones matemáticas a la economía. La aparente exactitud de cualquier desarrollo matemático lleva con demasiada frecuencia a que teorías, técnicas o aplicaciones realizadas con este tipo de instrumental se tiendan a dar como correctas tanto por parte de quienes las desarrollan, como por los que las utilizan o incluso por los que sólo conocen sus resultados últimos.

Los más ingenuos piensan que cualquier cosa que contenga fórmulas matemáticas debe ser cierta, como si la lógica de una deducción correcta no dependiese de las hipótesis y datos de partida. Recuerdo un modelo de política educativa en que participé a principios de los años 70 junto con técnicos de la UNESCO, que cuando se presentó a los diputados de entonces, con resultados sobre las necesidades presupuestarias de una reforma del sistema educativo, nadie puso en duda, a pesar de que los modelizadores éramos conscientes de la múltiples y discutibles hipótesis en que basaba: alumnos por profesor, crecimientos salariales, programa de inversiones, número máximo de alumnos por clase, rendimiento educativo, etc.

La realidad es que los economistas disponemos de teorías económicas diversas que parten de hipótesis distintas e incorporan variables diferentes que se utilizan en un proceso deductivo, habitualmente de carácter matemático, que lleva a unos resultados formalmente correctos aunque puedan resultar más o menos cercanos al funcionamiento de la economía real.

Pero ni siquiera los datos de ese mundo real nos permiten confirmar si una teoría es o no correcta. Hay diversidad de teorías, pero también variedad de datos, técnicas de análisis y ámbitos de aplicación. Si las teorías matemáticas no tienen garantía de realismo en sus conclusiones, los modelos econométricos o las técnicas estadísticas de predicción o análisis tampoco puede suponerse que posibiliten resultados únicos y correctos. Técnicas alternativas, aplicadas a datos diferentes, con variables seleccionadas distintas, proporcionan una amplia variedad de resultados en ocasiones incluso contradictorios.

Los propios econométricos empezamos a reconocer que existe un peligro permanente de desgaste o machaqueo de datos (data mining) que permite seleccionar, con bastante arbitrariedad, los resultados empíricos entre las múltiples opciones posibles. Hace ya veinte años, lo decían dos profesores de la universidad de Chicago en un tono jocosos que no quita dramatismo a la situación [\[14\]](#):

"Una ola de incredulidad ensordecedora se extendió ayer por las universidades de la nación,

tras la publicación de un informe de un comité encargado de investigar las denuncias acerca de la tortura de datos. Tras un sondeo masivo de seis meses de duración, el Comité sobre los malos tratos a datos crudos (COMRAD) desenterró la práctica corriente por parte de los investigadores académicos de «técnicas poco ortodoxas aplicadas durante las investigaciones rutinarias a datos inocentes». El COMRAD denunció casos flagrantes de coacción, el uso indiscriminado de la fuerza bruta y la aplicación casi ubicua de fuertes presiones sobre los datos. Estaban implicadas casi la totalidad de las principales universidades...".

"Entre los hallazgos más escandalosos del estudio realizado figuraba el descubrimiento del apaleamiento desgarrante de los datos por medios electrónicos. Comprobaron que unos investigadores excesivamente celosos, procedentes de varias instituciones de renombre, habían establecido centros de detención y proceso, en los cuales se realizaban actos antinaturales de carácter sumamente perverso sobre los datos, dirigidos, en algunos casos, por más de un investigador a la vez...".

"La investigación del comité desenmascaró estratagemas tan infames como el empleo de los procesos autorregresivos de tercer grado y, en lo que tal vez sea la revelación más nauseabunda del informe, la brutal imposición de estructuras polinomiales de tercer grado. Los métodos maximalistas incluyen, así mismo, el uso de primeras y hasta segundas diferencias, las cuales, según testigos oculares, a menudo reducen los datos a un estado totalmente irreconocible."

Mis últimos comentarios pueden escandalizar a algunos e incluso pensarse que echa un jarro de agua fría en el Año Mundial de las Matemáticas. En mi opinión, reconocer carencias y recomendar cautelas es la mejor forma de evitar absurdas descalificaciones globales de las técnicas cuantitativas en el terreno de la economía y de las ciencias sociales en general.

Hoy día estoy más convencido que nunca de la importancia de los desarrollos matemático-estadístico-económicos. Pero, como economista, no estoy dispuesto a reducir el complejo mundo de la economía y su contexto sociopolítico a la elegancia formal de modelos teóricos o aplicados que responden a simplificaciones más o menos acusadas de la realidad. Por lo que a mí respecta tengo claro que no puede concebirse una ciencia económica moderna sin teorías matemáticas, técnicas estadísticas y modelos económicos. Pero también que son sólo herramientas imperfectas al servicio de los economistas, tanto como profesionales como en investigación o docencia.

Recordemos las palabras de Keynes con los que empezaba este artículo: el economista debe ser, al mismo tiempo y en parte, matemático, historiador, estadista y filósofo hasta cierto punto. Debe comprender los símbolos y hablar con palabras. Debe abordar lo abstracto y lo concreto. Debe estudiar el presente, considerando el pasado y pensando en el futuro.

---

[1] R. Ruggles, "Desarrollos metodológicos". En B. F. Haley, editor, *Compendio de Economía Contemporánea*, Aguilar, 1970, págs. 460-513.

[2] M. Santos, "Reflexiones sobre las matemáticas y la economía". En R. Febrero, editor, *Qué es la economía*, Pirámide, 1997, págs. 101-118.

[3] G. Debreu, "Recorrido al azar y filosofía de la vida". En M. Szenberg, editor, *Grandes economistas de hoy*, Ed. Debate, 1994, págs. 124-133.

[4] Citado por M. Santos, op. cit., pág. 101.

[5] Así se cita en N. Georgescu-Roegen, "Sobre sí mismo". En M. Szenberg, editor, *Grandes economistas de hoy*, Ed. Debate, 1994, pág. 161.

[6] G. Debreu, "Mathematical economics". En *The New Palgrave. A dictionary of Economics*, MacMillan Press, 1994, vol. 3, págs. 399-403.

[7] Recuerdo que en el primer examen del nuevo curso en que me incorporé a la Universidad Autónoma e impartí una asignatura de *Modelos de simulación en marketing*, un alumno de la antigua escuela me comentaba que "la simulación en marketing era muy importante: en los temas comerciales era conveniente «disimular» precios elevados u otros factores negativos".

[8] Aquí pueden incluirse otros tipos de modelización aplicada frecuentemente ausentes en un curso de Econometría, tales como la dinámica de sistemas, los modelos de elasticidades variables, el calibrado de modelos o el input-output.

[9] Cita tomada de M. Szenberg (1994), op. cit."pág. 13.

[10] P. A. Samuelson, "Mi filosofía de la vida: credos políticos y método de trabajo". En M. Szenberg (1994), op. cit.,

págs. 273-286.

[11] R. Ruggles (1970), op. cit., págs. 470.

[12] G. J. Stigler, *Five lectures on economic problems*, Londres 1949.

[13] R. Ruggles (1970), op. cit., págs. 465-466.

[14] E. Karni y B. K. Shapiro, "Cuentos de terror de las torres de marfil". En *Enciclopedia Práctica de Economía*, vol.6, pág.286. La publicación original se realizó en el número de febrero de 1980 del *Journal o/ Political Economy*.