

# LA INVESTIGACIÓN ECONOMETRICA MEDIANTE PANELES DE DATOS: HISTORIA, MODELOS Y USOS EN MÉXICO<sup>1\*</sup>

ECONOMETRIC RESEARCH WITH PANEL DATA: HISTORY,  
MODELS AND USES IN MEXICO



**Antonio Ruiz Porras<sup>2\*\*</sup>**  
antoniop@ucea.udg.mx

Forma sugerida de citar:

Ruiz Porras, Antonio (2016). La investigación econométrica mediante Paneles de datos: Historia, modelos y usos en México. Revista Economía y Política, Año XII, No. 24. pp. 11-34

**Fecha de recepción:** 18 de noviembre de 2016

**Fecha de aceptación:** 30 de marzo de 2017

## RESUMEN

Mostramos una introducción a hacia la historia de la econométrica de panel, los modelos más comunes y sus usos en el contexto mexicano. En la primera parte, se muestra la evolución de la econométrica de panel desde el siglo XIX hasta principios del siglo XXI. En la segunda parte se describen los modelos con efectos fijos, aleatorios y dinámicos. En las partes subsecuentes, se muestran algunas tendencias sobre los estudios que han usado paneles de datos y sobre el uso de los modelos en ciertas áreas del conocimiento (ciencias sociales, macroeconomía, microeconomía, economía internacional, finanzas privadas, finanzas públicas). Se analizan estas tendencias usando los artículos incluidos en la hemeroteca REDALYC para el periodo 2000-2013.

**PALABRAS CLAVE:** Econométrica de Panel, Investigación, México, Modelos, Historia de la Econométrica

**JEL:** C33, B40

## ABSTRACT

We show an introduction to the history of panel-data econometrics, the most common models and their uses in the Mexican context. In the first part, we show the evolution of panel-data econometrics from the nineteenth century to the beginning of the twenty-first one. In the second part, we describe the models with fixed, random and dynamic effects. In the subsequent parts, we show some trends regarding the studies that have used panel-data and regarding the use of the models in certain areas of knowledge (social sciences, macroeconomics, microeconomics, international economics, finance, public finance). We analyze these trends with the articles included in the REDALYC database for the period 2000-2013.

**KEYWORDS:** Panel-data Econometrics, Research, Mexico, Models, History of Econometrics

1 \* El autor les agradece a Nancy García Vázquez (COLJAL) y a José Héctor Cortés Fregoso (UDG) por sus comentarios y sugerencias. Asimismo, les agradece a Fidel Gustavo Cruz Ruiz y a Javier Emmanuel Anguiano Pita, por su ayuda para la realización de este estudio.

2 \*\* Departamento de Métodos Cuantitativos. Universidad de Guadalajara, CUCEA. Periférico Norte 799, Núcleo Universitario Los Belenes, 45100, Zapopan, Jalisco, México. Tel: ++ (52) (33) 3770 3300, Ext. 5291. Fax.: ++ (52) (33) 3770 3300, Ext. 5227.



*“El arte del econometrista consiste en hallar el conjunto de supuestos que sean suficientemente específicos y realistas, de tal forma que le permitan aprovechar de la mejor manera posible los datos que tiene a su disposición.”*

*Edmond Malinvaud, (1966:514)*

## 1. Introducción

La econometría puede definirse como la ciencia social donde las herramientas de la teoría económica, la economía matemática y la inferencia estadística son aplicadas al análisis de los fenómenos económicos, financieros y sociales. Los objetivos del análisis econométrico incluyen la evaluación de hipótesis, la descripción y la predicción de fenómenos y la provisión de elementos para la toma de decisiones. Empíricamente, el análisis econométrico se sustenta en la estimación y evaluación de relaciones de causalidad o de correlación de datos mediante modelos específicos. La construcción de estos modelos depende en buena medida de los supuestos y los datos que determinan o reflejan el fenómeno de interés.

En este estudio se ofrece una introducción a la historia, modelos y usos de la investigación econométrica mediante paneles de datos. La relevancia del tema se justifica con base en las utilidad que tienen los paneles para estudiar diversos fenómenos aprovechando al máximo los datos disponibles. Los *paneles de datos* pueden definirse como observaciones de un conjunto de variables de datos sobre un grupo de unidades transversales (firmas, hogares, individuos, países) en varios periodos de tiempo. Estadísticamente, los paneles permiten combinar las propiedades de los datos en series de tiempo y de corte transversal para efectos de estimación econométrica.

En México, la reciente disponibilidad de paneles de datos ha exigido el uso de modelos especializados. Paradójicamente, los estudios que usan dichos modelos todavía son escasos. El uso de estos modelos se justifica con base en diversas razones. Gujarati y Porter (2008) y Baltagi (2005), destacan las siguientes: 1) Porque permiten tomar en cuenta de manera explícita la heterogeneidad de las unidades de corte transversal; 2) porque proporcionan “una mayor cantidad de datos informativos, más variabilidad, menos colinealidad entre variables, más grados de libertad y una mayor eficiencia”; 3) porque permiten revelar dinámicas de cambio y efectos difíciles de detectar cuando solo se usan datos unidimensionales de corte transversal o en series de tiempo; y 4) porque permiten estudiar modelos de comportamiento complejos.

El estudio se organiza en cuatro partes. Particularmente en la primera parte, se describe la historia del desarrollo de los modelos para paneles de datos desde el siglo XIX hasta principios del siglo XXI.<sup>3</sup> Particularmente, se enfatiza la vinculación entre el desarrollo de los modelos econométricos y las técnicas estadísticas con algunos problemas en las ciencias naturales y sociales. La hipótesis propuesta aquí es que dicho desarrollo estuvo vinculado a la necesidad de analizar problemas de investigación empírica en las ciencias naturales y sociales. El desarrollo de la econometría de panel, por tanto, resulta ser un resultado de la necesidad de resolver problemas empíricos en áreas diversas del conocimiento.

En la segunda parte se describen los modelos más comúnmente utilizados para analizar los paneles de datos.<sup>4</sup> Estos modelos son clasificados en estáticos y dinámicos con base en la tipología tradicional de la econometría. Los *modelos estáticos* son aquellos donde no hay una dependencia explícita de la variable dependiente con respecto al tiempo. Estos modelos incluyen a aquellos con efectos fijos y aleatorios. Los *modelos dinámicos* son aquellos en donde existe dependencia de la variable dependiente debido a efectos correlacionados en el tiempo. Analíticamente, esta clasificación permite caracterizar y agrupar los estudios existentes con base en su enfoque temporal y los atributos de las unidades transversales analizadas.

La tercera y cuartas partes del estudio se refieren a la investigación econométrica relativa a México. El análisis mostrado se sustenta en los artículos incluidos en la hemeroteca REDALYC.<sup>5</sup> Los artículos seleccionados refieren a investigaciones relativas de manera directa e indirecta a México. Por simplicidad, los mismos son agrupados con base en cuatro criterios de agrupación (tipos de modelos econométricos usados, áreas del conocimiento estudiadas, idioma de publicación, número de autores de los artículos). Estos criterios sirven como base para describir como se han usado dichos modelos en la investigación. La muestra de análisis se integra por 85 artículos publicados durante el periodo 2000-2013.

Metodológicamente, los artículos se agrupan en tablas a fin de desarrollar el análisis. Estas tablas se usan para describir las tendencias que definen a la investigación econométrica realizada para México. Las tendencias son analizadas agrupando y tabulando los artículos con respecto a diversos criterios y calculando porcentajes. Así se determinan tendencias relativas a: 1) el desarrollo de investigación en ciertas áreas de conocimiento; 2) el uso

3 Un tema relativamente poco estudiado es la historia de la econometría y de las ideas econométricas. Esta situación es particularmente manifiesta en lo que se refiere a los modelos de panel. Libros enfocados en la historia de las ideas econométricas y de la econometría son, respectivamente, Morgan (1990) y Louca (2007). Textos enfocados en la historia de los modelos de panel son Nerlove (2002) y Dupont-Kieffer y Pirote (2011).

4 Existen varios libros especializados que describen las técnicas y métodos econométricos para paneles de datos. Entre estos libros se encuentran los textos de Hsiao (2003), Frees (2004), Baltagi (2005) y Wooldridge (2010).

5 REDALYC es acrónimo de la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. La hemeroteca REDALYC es un proyecto académico sin fines de lucro bajo la filosofía de acceso abierto a la literatura científica. Este proyecto ha sido impulsado por la Universidad Autónoma del Estado de México en colaboración con instituciones de educación superior, centros de investigación, asociaciones profesionales y editoriales iberoamericanas.



de los distintos modelos de panel; 3) la difusión de la investigación a nivel internacional; 4) la naturaleza, individual o colectiva, de la investigación econométrica; y 5) el grado de sofisticación econométrica usado en las ciertas áreas del conocimiento seleccionadas.

El estudio se organiza en seis secciones. En la segunda sección se describe el desarrollo de los modelos para paneles de datos desde el siglo XIX hasta principios del siglo XXI. En la tercera se describen los modelos con efectos fijos, aleatorios y dinámicos. Particularmente se muestran aquellas características que definen su uso en la investigación empírica. En la cuarta se describen algunas tendencias relativas a los estudios incluidos en la hemeroteca REDALYC. En el quinto apartado se muestran las tendencias en el uso de los modelos econométricos en las ciencias sociales, la macroeconomía, la microeconomía, la economía internacional, las finanzas privadas y las finanzas públicas). La sexta sección sintetiza los resultados.

## 2. Historia de la econometría de panel

En esta sección se describe el desarrollo de las técnicas y modelos de la econometría de panel desde una perspectiva histórica.<sup>6</sup> La hipótesis subyacente es que *dicho desarrollo estuvo vinculado a la necesidad de analizar problemas de investigación empírica* en las ciencias naturales y sociales. Por esta razón, aquí se mencionan algunos problemas referidos a la astronomía, la geodesia, la genética, la ganadería y la economía. Asimismo, se muestra cómo el desarrollo de técnicas, modelos y enfoques econométricos fue paralelo a la búsqueda de soluciones a dichos problemas. De hecho, no sobra mencionar que es nuestra creencia que esta vinculación de los desarrollos teóricos y problemas empíricos continuará en el mediano plazo.

Los primeros estudios que usaron técnicas para paneles se remontan a principios del siglo XIX. Estos se usaron para hacer mediciones astronómicas y geodésicas. Particularmente, Nievergelt (2000) señala que dichas técnicas se desarrollaron para mejorar las mediciones basadas en el método de mínimos cuadrados. Así, Legendre (1805) y de Gauss (1809) emplearon técnicas con efectos fijos, mientras que Airy (1861) usaba técnicas con efectos aleatorios. En este contexto, vale la pena señalar que Airy sentó las bases del análisis moderno de paneles de datos (Nerlove, 2002). Ello en virtud de su interés por validar el uso de efectos fijos y aleatorios mediante un método similar al propuesto, muchos años después, por Hausman (1978).<sup>7</sup>

6 Esta reseña se basa parcialmente en Nerlove (2002). Una revisión reciente de los primeros años de la econometría de panel puede encontrarse en Dupont-Kieffer y Pirotte, (2011).

7 La discusión sobre la conveniencia de usar efectos fijos o aleatorios en la astronomía se planteaba en el contexto de la medición de los cuerpos celestes como los cometas y los planetas. Particularmente, Airy (1861) propuso un método para evaluar la significancia de los “efectos de la noche” en las mediciones del planeta Júpiter. Su método se sustentaba en

En la primera mitad del siglo XX, diversas ciencias emplearon técnicas con efectos fijos y aleatorios para analizar paneles de datos. Fischer (1918) y (1925) uso dichas técnicas para estudiar patrones genéticos en las plantas. Daniels (1939) y Einsenhart (1947) las emplearon para analizar problemas en la estadística aplicada y en la ganadería. Paradójicamente, y pese a su reconocido uso, dichas técnicas no fueron formalizadas en la estadística sino hasta mediados del siglo XX (Nerlove, 2002). Esta formalización se atribuye a Rao (1952) y a Anderson y Bancroft (1952). De hecho, ellos relacionaron los componentes de la varianza con los efectos fijos y vincularon los métodos ANOVA y de mínimos cuadrados ordinarios.

Formalmente, la econometría de panel surge a mediados del siglo XX con la consolidación de la econometría como disciplina y la publicación de *Econometrica*.<sup>8</sup> Particularmente Hildreth (1950) fue quien propuso el uso simultáneo de series de tiempo y de datos de corte transversal para analizar sistemas económicos. También sugirió el uso de técnicas con efectos fijos y aleatorios. La relevancia de sus propuestas está asociada a los hallazgos de Marschak y Andrews (1944). Estos últimos evidenciaron algunos problemas de identificación y estimación econométricos cuando solo se usaban datos de corte transversal. Por estas razones, Marschak y Andrews y Hildreth se consideran pioneros de la econometría de panel.

Analíticamente, los estudios de Marschak y Andrews (1944) fomentaron el desarrollo de diversas técnicas de análisis de datos. Así, entre 1950 y 1970, surgieron las técnicas de máxima verosimilitud y de momentos. Asimismo se formularon métodos estadísticos para combinar datos económicos y analizar funciones de producción (Hoch, 1958 y 1962; Mundlack, 1961). Más aún, se buscó mejorar la eficiencia de las estimaciones económicas. Incluso, en algún momento se propuso eliminar el uso de efectos aleatorios en la modelación (Mundlack, 1978). De hecho, la relevancia del trabajo de Hausman (1978), para definir la conveniencia en el uso de efectos fijos o aleatorios, se contextualiza en los debates y controversias que causó dicha propuesta.<sup>9</sup>

Metodológicamente, los modelos con efectos fijos y aleatorios asumen un enfoque estático. En la práctica, esto significa que los modelos no consideran que los factores psicológicos, tecnológicos e institucionales pueden generar inercias y ajustes graduales en las dinámicas de cambio de las variables dependientes. Balestra y Nerville (1966) y Nerlove (1971)

---

comparar las variaciones obtenidas de las mediciones del planeta en diferentes horas. Así concluyó que las variaciones no eran sistemáticas. En otras palabras, Airy mostró que el tamaño del planeta era el mismo, independientemente de la hora del día en que se hiciera la medición.

8 El término "econometría" fue acuñado por Pawel Ciompa en 1910 (Frisch, 1936). Sin embargo, la consolidación de la econometría como disciplina independiente ocurrió solamente tras la fundación de la Sociedad Econométrica. Esta sociedad fue fundada por Irving Fischer y Ragnar Frisch en 1930. Particularmente, Frisch fue el primer editor de *Econometrica* en 1933. Esta revista, a la fecha, se le considera como la publicación científica más prestigiada entre los economistas.

9 Es interesante señalar que la propuesta metodológica de no usar efectos aleatorios en el análisis econométrico tiene todavía algunos seguidores. Véase, por ejemplo, el texto de Brüderl (2005).

mostraron la necesidad de tomar en cuenta dichas dinámicas en la modelación. Esta situación promovió el desarrollo de modelos dinámicos. Así, a principios de los años 70, Maddala (1971) y (1975) propuso estimadores de máxima verosimilitud para modelos con efectos dinámicos (Nerlove, 2002). Esta situación promovió que se publicaran los primeros estudios empíricos en 1977.<sup>10</sup>

La econometría de panel tuvo un gran desarrollo entre 1977 y 1997. Este desarrollo incluyó diversos avances teóricos. Así, hubo avances referidos a la especificación de los modelos estáticos y dinámicos. También hubo avances relativos a las técnicas de estimación para modelos con efectos dinámicos. Además hubo avances relativos al modelado con variables dependientes discretas y limitadas. Otros avances refirieron a los modelos de duración y riesgo. Estos avances, en su momento, fueron criticados debido a su escasa correspondencia con la investigación empírica (Nerlove, 2002). Sin embargo, ahora, muchos de estos avances están integrados en los libros especializados que tienen una orientación aplicada.

La econometría empírica para paneles de datos ha experimentado un gran auge en el siglo XXI. Este auge se ha visto fomentado por diversas razones. Una primera se vincula a los esfuerzos de los organismos internacionales por recolectar y difundir indicadores comparables internacionalmente (Banco Mundial, FMI, ONU). Una segunda se refiere a la mayor rapidez para difundir e implementar las técnicas econométricas y al incremento de la capacidad de los equipos de cómputo. Una tercera razón refiere a intereses de los gobiernos y de otras organizaciones por recolectar y analizar indicadores económicos, financieros y sociales. Particularmente, este auge se ha visto reflejado en los estudios que hacen investigación internacional comparada.<sup>11</sup>

La investigación empírica contemporánea privilegia el uso de modelos dinámicos. Incluso, hay quienes creen que estos modelos que terminaran sustituyendo a los estáticos, en virtud de que los mismos son capaces de describir dinámicas de cambio considerando inercias y ajustes graduales. Estos modelos se sustentan en las metodologías y análisis de Arellano y Bond (1991), Arellano y Bover (1995) y Blundell y Bond (1998). Si bien los estudios que usan modelos dinámicos son muy populares, es muy poco probable que desplacen a los estudios que usan modelos estáticos. A la fecha, los supuestos econométricos de los modelos y los requisitos que deben satisfacer los datos son muy restrictivos.<sup>12</sup>

10 La publicación de estos primeros trabajos empíricos se asocia a la Primera Conferencia en Econometría de Panel en 1977. Esta conferencia, es conocida como la Conferencia de París.

11 La econometría de panel ha sido usada mayormente en los estudios internacionales del desarrollo económico. Prácticamente toda la investigación sobre el crecimiento económico en el ámbito internacional usa modelos para paneles de datos. Véase Capolupo (2009) y Ruiz Porras y Rosales Jaramillo (2014) para revisiones recientes de esta literatura. Otras áreas que han utilizado modelos de panel a nivel internacional son las referentes a las crisis financieras y la inversión extranjera directa. Ejemplos de estudios es dichas áreas son, respectivamente, Ruiz Porras (2008) y Ruiz Porras y Hosten (2012).

12 Véase la siguiente sección para una revisión de las limitaciones de los diversos modelos para paneles de datos.

Finalmente, cabe señalar que la econometría de panel permanece como una de las áreas más promisorias en la investigación. Teóricamente todavía es necesario relajar los supuestos de los modelos dinámicos para facilitar su uso empírico. Asimismo es necesario resolver problemas relativos a formas funcionales y relaciones no lineales, a distribuciones no normales y a la existencia de exogeneidad no estricta de las variables. Empíricamente, es necesario extender los usos de dichos modelos. Particularmente, en las economías en desarrollo dichos estudios podrían ser muy útiles para analizar problemas regionales y locales. En este contexto, no sobra señalar que buena parte de los estudios existentes son para economías desarrolladas.

### 3. Modelos para paneles de datos con efectos fijos, aleatorios y dinámicos

En este apartado se describen los principales modelos usados en la investigación para paneles de datos. Estos modelos, tal como hemos señalado, son clasificados en aquellos con efectos fijos, aleatorios y dinámicos. Esta clasificación enfatiza el enfoque de análisis temporal postulado y los atributos de las unidades transversales. No enfatiza las técnicas estimación ni la naturaleza de las variables dependientes. Por simplicidad de exposición, y por lo generalizado de su uso, en este apartado se asume que las variables dependientes son continuas y que los términos de error se distribuyen normalmente. En este contexto, varios de los comentarios vertidos aquí son igualmente válidos para modelos que utilizan otro tipo de variables y distribuciones.<sup>13</sup>

Los modelos más comunes y relativamente más sencillos son aquellos con *efectos fijos*. Estos son modelos estáticos donde se reconoce que las unidades transversales (firmas, hogares, individuos, países), pueden tener características especiales, "*atributos*", que las definen de alguna forma. Por esta razón, la estructura de estos modelos permite que la ordenada al origen de la regresión sea distinta para unidades con distintos atributos. Estos modelos usan cuando la ordenada específica individual puede estar correlacionada con alguna de las variables independientes. El modelo con efectos fijos más usado es el de mínimos cuadrados con variable dicótoma (*Least-Squares Dummy Variable*, LSDV).<sup>14</sup>

El modelo LSDV considera la heterogeneidad de los atributos en las unidades transversales porque permite que cada unidad tenga un intercepto propio. Para clarificar, considerese el estudio de Grunfeld (1958). En el mismo se considera que la inversión

13 Véase los textos de Baltagi (2005) y Wooldridge (2010) para una exposición de los principales modelos de panel cuando las variables dependientes son cualitativas, discretas o truncadas.

14 Entre los modelos con efectos fijos alternativos se incluyen: 1) El modelo de regresión para datos agrupados (pooled regression); 2) el modelo de regresión de efectos fijos dentro del grupo (within-groups fixed effects); y 3) el modelo con efectos fijos en primeras diferencias (first differences-fixed effects).

bruta,  $Y$ , depende del valor de la firma,  $X_2$ , y del acervo de capital,  $X_3$ . Suponiendo que hubiera los datos de cuatro firmas para el periodo 1935-1954, se pueden definir cuatro unidades transversales ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) y veinte periodos anuales ( $t = 1, 2, \dots, 20$ ). Si se definen tres variables Dummy  $D_i$  (donde  $D_i$  es igual a 1 en caso de que la observación corresponda a la firma  $i$  y 0 en otro caso), el modelo LSDV para analizar la inversión puede escribirse así:

$$Y_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 D_{2i} + \alpha_3 D_{3i} + \alpha_4 D_{4i} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \mu_{it}$$

Los modelos con efectos fijos tienen algunas limitaciones que restringen su uso en la investigación empírica. Una primera limitación, tal como se puede advertir, es que hay una pérdida considerable de grados de libertad cuando el número de unidades  $i$  es muy grande. Otra limitación se refiere a que las variables Dummy pueden inducir problemas de multicolinealidad.

Una tercera es que, bajo algunas circunstancias, es posible que no se identifiquen los efectos de variables que no cambian en el tiempo (Gujarati y Porter, 2008). Una limitación adicional, específica al modelo LSDV, se refiere a la necesidad de que se satisfagan todos los supuestos de la técnica de mínimos cuadrados ordinarios (*Ordinary Least Squares, OLS*).<sup>15</sup>

Los modelos con *efectos aleatorios (Random-Effects Models, REM)* suponen que la ordenada al origen de cada unidad transversal se extrae de manera aleatoria de una población que tiene un valor medio constante  $\beta_1$ . Así cada ordenada individual resulta una desviación,  $\varepsilon_i$ , con respecto al valor medio. Son modelos estáticos más sofisticados que aquellos con efectos fijos. Usualmente se estiman mediante la técnica de mínimos cuadrados generalizados (*Generalized Least Squares, GLS*) y se usan cuando se asume que la ordenada (aleatoria) no está correlacionada con las variables independientes. La técnica GLS permite considerar variables que se mantienen constantes en cada unidad transversal y la heteroscedasticidad de los errores.

Los modelos con efectos aleatorios suponen que las variables dummy, usadas en los modelos con efectos fijos, solo encubren la ignorancia acerca del verdadero modelo econométrico (Kmenta, 1986: 633). En los modelos REM dicha ignorancia se manifiesta en el término de perturbación. Considérese nuevamente el estudio de Grunfeld (1958) para ilustrar el argumento. Supóngase ahora que  $\beta_{1i}$ , la ordenada al origen de la firma  $i$ , deviene de una variable aleatoria con un valor medio  $\beta_1$ . Por tanto  $\beta_{1i} = \beta_1 + \varepsilon_i$ .

<sup>15</sup> Los supuestos de la técnica de mínimos cuadrados incluyen la normalidad, la homocedasticidad y no autocorrelación de los errores y variables independientes no estocásticas y la no multicolinealidad entre ellas.



En este contexto, el modelo econométrico de la inversión puede escribirse como  $Y_{it} = \beta_{1i} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \mu_i$ . Si se considera que  $\omega_i = \varepsilon_i + \mu_i$ , el modelo REM queda planteado como:

$$Y_{it} = \beta_1 + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \omega_i$$

Los modelos con efectos aleatorios, al igual que sus contrapartes con efectos fijos, también tienen algunas limitaciones para su uso. Una primera es que  $\varepsilon_i$  no es observable directamente. Una segunda se refiere a que el modelo REM requiere el cumplimiento de ciertos supuestos sobre la perturbación (el componente compuesto)  $\omega_i$ .<sup>16</sup> Una tercera limitación consiste en que los estimadores GLS son más complejos de estimar que los estimadores OLS usados en los modelos con efectos fijos. Por estas razones se han desarrollado algunos modelos con efectos aleatorios alternativos. Entre estos, destaca el modelo de Swamy (1970) por la flexibilidad que ofrece para la estimación de las regresiones.

Los modelos que asumen un enfoque temporal estático son los más usados en la investigación empírica. Sin embargo, en los últimos años se ha tendido a privilegiar el uso de los *modelos dinámicos* (i.e. modelos con efectos correlacionados en el tiempo). Estos modelos se utilizan para estudiar fenómenos donde los datos pueden manifestar: 1) endogeneidad entre las variables; 2) correlaciones de los efectos fijos con las variables independientes; 3) exogeneidad no estricta de las variables independientes; y 4) una dimensión de unidades temporales menor que la correspondiente a las unidades transversales. Los fenómenos sociales, económicos y financieros tienden a manifestar dichas características.

Estadísticamente los modelos dinámicos son mucho más complejos y avanzados que los estáticos. Estos modelos reconocen que existen inercias o una cierta lentitud en el ajuste de las variables dependientes debido a factores psicológicos, tecnológicos e institucionales. Por esta razón, los modelos incluyen variables rezagadas o en diferencias para capturar las dinámicas de ajuste. Estos modelos se estiman mediante el método generalizado de momentos (*Generalized Method of Moments*, GMM) para evitar problemas de endogeneidad.<sup>17</sup> A manera de ilustración, si se considera el estu-

16 El modelo supone que los componentes de error individuales,  $\varepsilon_i$  y  $\mu_i$ , no están correlacionados entre sí, ni con las unidades de las series de tiempo ni con las de corte transversal. Asimismo, supone la normalidad y homocedasticidad de  $\varepsilon_i$  y  $\mu_i$ .

17 Aquí, y en consistencia con Baum, Schaffer y Stillman (2003) asumimos que los modelos que usan el método GMM

dio de Grunfeld (1958) y que  $\omega_i = \varepsilon_i + \mu_i$ , el planteamiento de los determinantes de la inversión mediante un modelo dinámico sencillo queda definido como:

$$Y_{it} = \alpha Y_{it-1} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \omega_i$$

Los modelos dinámicos se sustentan en las metodologías Arellano-Bond y Arellano-Bover/Blundell-Bond. Estas metodologías permiten obtener estimaciones eficientes asintóticamente cuando existe un término autorregresivo AR(1). Asimismo, permiten calcular las velocidades de ajuste mediante los coeficientes de la variable dependiente rezagada. La mayor diferencia entre las metodologías refiere a las formas de estimación. En la metodología Arellano y Bond se transforman las variables por diferenciación, se eliminan los efectos fijos, y se estiman los coeficientes usando las variables instrumentales en niveles. En la metodología Arellano-Bover/Blundell-Bond, por su parte, se dejan las variables en niveles y se diferencian las variables instrumentales.

Los modelos dinámicos también tienen limitaciones estadísticas. Una primera limitación es que los estimadores suelen ser inestables y sus valores suelen depender de las muestras de datos. Una segunda limitación es que añadir la variable dependiente rezagada no siempre soluciona los problemas de autocorrelación serial (Pérez-López, 2008). Una tercera limitación se refiere a las dificultades para hallar variables instrumentales estadística y teóricamente válidas. En este sentido, Bond (2002) indica que los estimadores dinámicos pueden estar sujetos a grandes sesgos en muestras finitas cuando los instrumentos son débiles. Las mencionadas limitaciones muestran que la investigación teórica todavía tiene oportunidades de desarrollo.<sup>18</sup>

Finalmente, no sobra señalar que la econometría de panel continúa expandiendo sus usos en la investigación empírica. Sin embargo, debe reconocerse que, en las economías en desarrollo, los modelos constituyen herramientas relativamente subutilizadas. Esta situación se explica tanto por la escasa disponibilidad de datos para dichas economías; así como por la relativa complejidad de las técnicas econométricas. En las siguientes secciones se muestran algunas tendencias que caracterizan a la investigación relativa a México, y algunas tendencias en cuanto al uso de los modelos en ciertas áreas del conocimiento. Esto con la finalidad de clarificar los alcances, límites y posibilidades de la investigación econométrica.

incluyen al método de variables instrumentales (*Instrumental Variables*, IV). Mencionamos este supuesto porque existe controversias sobre cuál método incluye al otro. En el contexto de los modelos analizados aquí GMM funciona de una manera similar al procedimiento de mínimos cuadrados en dos etapas (2SLS).

18 Baltagi (2005) revisa algunos desarrollos y usos de modelos dinámicos alternativos para resolver algunos de las limitaciones mencionadas. Entre estos modelos destaca el desarrollado por Keane y Runkle (1992).

## 4. Tendencias que caracterizan a la investigación econométrica relativa a México

En esta sección se describen algunas tendencias que caracterizan a la investigación relativa a México. Estas tendencias son evaluadas usando los artículos contenidos en la hemeroteca REDALYC. Específicamente se seleccionan a aquellos artículos que usan modelos para paneles. Por simplicidad, los artículos seleccionados se agrupan en seis áreas del conocimiento (*ciencias sociales, macroeconomía, microeconomía, economía internacional, finanzas privadas y finanzas públicas*). Asimismo, y de manera complementaria, se usan otros criterios de agrupación como el idioma de publicación y el número de autores de los artículos. La muestra analizada se integra por 85 artículos publicados durante el periodo 2000-2013.

Metodológicamente, se organizan los artículos agrupándolos en cuatro tablas (Tablas 1, 2, 3 y 4). Particularmente, la Tabla 1 agrupa a los artículos con base en su pertenencia en las ciertas áreas de conocimiento. La Tabla 2 agrupa a los artículos con base en los diferentes tipos de modelos de panel y áreas del conocimiento. La Tabla 3 agrupa a los artículos con base en el idioma de publicación en las áreas de conocimiento. La Tabla 4 agrupa los artículos con base en el número de autores responsables de los mismos. Estas tablas, en combinación con la estimación de porcentajes con respecto al total de artículos publicados, permiten analizar las tendencias que caracterizan a la investigación econométrica en donde se usan paneles de datos.

TABLA 1. Áreas de Conocimiento donde se Usa la Economía de Panel  
2000-2013

(Artículos Publicados)

Año/Área	Ciencias	Macro- economía	Micro- economía	Economía	Finanzas Privadas	Economía	Total
	Sociales			Internacional		Pública	
2000			1				1
2001							0
2002							0
2003		1	1	1		1	4
2004	1		1	1			3
2005		2	1				3
2006	1	2		2		1	6
2007	3	2	3	1	1	2	12
2008	4		1	2	3	1	11
2009	3		3	2	3		11
2010	2	4	2		2	2	12
2011		2	8	3		1	14
2012		3	2		1		6
2013			2				2
Total	14	16	25	12	10	8	85

Fuente: Elaboración propia con base en registro de REDALYC

La Tabla 1 agrupa los artículos con base en las ciertas áreas de conocimiento. La tabla permite estimar el uso relativo de los modelos en la investigación en las ciertas áreas. Este uso se estima mediante porcentajes relativos.<sup>19</sup> Estos porcentajes para las ciencias sociales, la macroeconomía, la microeconomía, la economía internacional, las finanzas privadas y las finanzas públicas equivalen, respectivamente, al 16.5, 18.8, 29.4, 14.1, 11.8, y 9.4 por ciento. Como puede advertirse, las cifras muestran que en los estudios macro y microeconómicos se utilizan los modelos de panel con mayor frecuencia. Además la tabla muestra que el número de estudios que usan dicho tipo de modelos ha tendido a crecer anualmente.

TABLA 2. Modelos de Panel y Áreas del Conocimiento

2000-2013

(Artículos Publicados)

Área	Modelos con Efectos			Total
	Fijos	Aleatorios	Dinámicos	
Ciencias Sociales	10	2	2	14
Macroeconomía	7	1	8	16
Microeconomía	16	8	1	25
Economía Internacional	6	3	3	12
Finanzas Privadas	7	1	2	10
Economía Pública	4	1	3	8
Total	50	16	19	85

Fuente: Elaboración propia con base en registro de REDALYC

La Tabla 2 agrupa los artículos con base en los tipos de modelos en los que se sustenta el análisis desarrollado en las investigaciones. Nuevamente, y por simplicidad, se estiman los porcentajes relativos de uso de los modelos. Estos porcentajes para los modelos con efectos fijos, aleatorios y dinámicos equivalen, respectivamente, a 58.8, 18.8 y 22.4 por ciento. Estos porcentajes muestran que la gran mayoría de los artículos usan un enfoque de análisis estático (81.6 por ciento). En este contexto, no sobra señalar que la evidencia sugiere que ha habido cierta diversificación en el uso de los modelos econométricos. Ello en virtud de que los artículos que usan diversos tipos de modelos simultáneamente cada vez son más comunes.

<sup>19</sup> Estos porcentajes se estiman dividiendo el número de los artículos referidos a cada área del conocimiento entre el total de artículos.

TABLA 3. Idioma en que Difunde la Investigación Econométrica  
2000-2013  
(Artículos Publicados)

Año/Área	Ciencias	Macro- economía	Micro- economía	Economía	Finanzas	Economía	Total
	Sociales			Internacional		Privadas	
Idioma Inglés							
2000							0
2003			1				1
2004							0
2005		2	1				3
2006		1					1
2007	1				1		2
2008	1				1		2
2009	1						1
2010	1	2					3
2011				1			1
2012		1	1	1	1		4
2013							0
Total	4	6	3	2	3	0	18
Idioma Diferente al Inglés							
2000			1				1
2003		1		1		1	3
2004	1		1	1			3
2005							0
2006	1	1		2		1	5
2007	2	2	3	1		2	10
2008	3		1	2	2	1	9
2009	2		3	2	3		10
2010	1	2	2		2	2	9
2011		2	8	1		1	12
2012		2	1				3
2013			2				2
Total	10	10	22	10	7	8	67

Fuente: Elaboración propia con base en registro de REDALYC

La Tabla 3 agrupa los artículos con base en el idioma de publicación. La tabla muestra que el 21.2 por ciento del total de artículos son publicados en inglés. Este bajo porcentaje sugiere que la difusión internacional de la investigación académica realizada sobre México es limitada. Por consistencia, aquí se estiman los porcentajes relativos de publicación en idioma inglés. Estos porcentajes para las ciencias sociales, la macroeconomía, la micro-

economía, la economía internacional, las finanzas privadas y las finanzas públicas equivalen, respectivamente, a 28.6, 37.5, 12.0, 16.7, 30.0 y 0.0 por ciento. Así, los porcentajes sugieren que los estudios macroeconómicos pudieran tener una mayor difusión internacional.

TABLA 4. Colaboración en la Investigación Econométrica por Áreas de Conocimiento  
2000-2013  
(Artículos Publicados)

Año/Área	Ciencias	Macro- economía	Micro- economía	Economía	Finanzas Privadas	Economía	Total
	Sociales			Internacional		Pública	
Investigación Individual							
2000							0
2003		1	1	1		1	4
2004	1			1			2
2005			1				1
2006	1	1		1		1	4
2007	1	1	2			1	5
2008	4			1	2	1	8
2009	2			2	1		5
2010	1	2	1			2	6
2011		1	4	2			7
2012		1					1
2013							0
Total	10	7	9	8	3	6	43
Investigación Colectiva							
2000			1				1
2003							0
2004			1				1
2005		2					2
2006		1		1			2
2007	1	1	1	1	1	1	6
2008	1		1	1	1		4
2009	1		3		2		6
2010	1	2	1		2		6
2011		1	4		1	1	7
2012		2	2	1			5
2013			2				2
Total	4	9	16	4	7	2	42

Fuente: Elaboración propia con base en registro de REDALYC

La Tabla 4 agrupa los artículos con base en el número de autores responsables de los mismos. El porcentaje de artículos publicados colectivamente es del 49.4 por ciento. Por tanto, el análisis sugiere que casi la mitad de la investigación se desarrolla entre diversos investigadores. Nuevamente, se estiman los porcentajes relativos a la publicación colectiva. Estos

porcentajes para las ciencias sociales, la macroeconomía, la microeconomía, la economía internacional, las finanzas privadas y las finanzas públicas equivalen, respectivamente, al 28.6, 56.3, 64.0, 33.3, 70.0 y 25.0 por ciento. Así, los porcentajes sugieren que existe una mayor colaboración para desarrollar estudios relativos a las finanzas privadas.

Los resultados del análisis de los artículos pueden sintetizarse indicando que hay algunas tendencias en la investigación relativa a México. Particularmente, el análisis sugiere que hay un interés creciente por hacer investigaciones. Este interés se refleja particularmente en los estudios macro y microeconómicos. Asimismo, los resultados sugieren que los estudios macroeconómicos pueden tener una mayor difusión en la comunidad internacional. Sin embargo, también sugieren que la difusión de la investigación relativa a México ésta limitada porque hay pocas publicaciones en inglés. Además, el análisis muestra que casi la mitad de la investigación que utiliza paneles de datos se desarrolla en colaboración entre investigadores.

## 5. Tendencias en el uso de los modelos de panel en las áreas del conocimiento

En esta sección se analizan algunas tendencias en el uso de los modelos para paneles en las áreas de conocimiento. Esto con la finalidad de complementar el análisis desarrollado anteriormente. El análisis se realiza de manera similar a como se hizo en la sección previa (agrupando, tabulando y calculando porcentajes). Particularmente, aquí, se agrupan y contabilizan a aquellos artículos que usan modelos con efectos fijos, aleatorios y correlacionados en el tiempo. (Tablas 5, 6 y 7). Así se estiman los porcentajes de uso de los modelos con respecto al total de artículos publicados en cada área del conocimiento. En todos los casos, los artículos se agrupan con base en las áreas del conocimiento analizadas.

TABLA 5. Modelos con efectos Fijos y Áreas de Conocimiento  
2000-2013  
(Artículos Publicados)

Año/Área	Ciencias	Macro- economía	Micro- economía	Economía	Finanzas Privadas	Economía	Total
	Sociales			Internacional		Pública	
2000			1				1
2003			1	1		1	3
2004	1		1	1			3
2005							0
2006	1	1		1			3
2007	2	1	3		1	1	8
2008	2		1	1	2	1	7
2009	3		1	1	1		6
2010	1	2			2		5
2011		1	6			1	8
2012		2	2	1	1		6
2013							0
Total	10	7	16	6	7	4	50

Fuente: Elaboración propia con base en registro de REDALYC

La Tabla 5 agrupa los artículos que usan primordialmente modelos con efectos fijos. La tabla permite estimar el uso relativo de dichos modelos en las ciertas áreas del conocimiento. Este uso se estima mediante porcentajes relativos. Estos porcentajes en las ciencias sociales, la macroeconomía, la microeconomía, la economía internacional, las finanzas privadas y las finanzas públicas equivalen, respectivamente, al 71.4, 43.8, 64.0, 50.0, 70.0 y 50.0 por ciento. Los porcentajes muestran que, los estudios referidos a las ciencias sociales, utilizan modelos con efectos fijos con mayor frecuencia relativa que en otras áreas del conocimiento. Por tanto, en dichos estudios predomina el uso de técnicas de estimación relativamente sencillas.

La Tabla 6 agrupa los artículos que usan primordialmente modelos con efectos aleatorios. La tabla, al igual que la anterior, permite estimar el uso relativo de dichos modelos en las áreas del conocimiento. Los porcentajes relativos de uso de dichos modelos en las ciencias sociales, la macroeconomía, la microeconomía, la economía internacional, las finanzas privadas y las finanzas públicas equivalen, respectivamente, al 14.3, 6.3, 32.0, 25.0, 10.0 y 12.5 por ciento. Así, los porcentajes muestran que, los estudios microeconómicos utilizan modelos con efectos aleatorios con mayor frecuencia relativa. Por tanto, en dichos estudios predomina el uso de técnicas de estimación econométrica de nivel intermedio.

TABLA 6. Modelos con Efectos Aleatorios y Áreas del conocimiento  
2000-2013  
(Artículos Publicados)

Año/ Área	Ciencias Sociales	Macro- economía	Micro- economía	Economía Internacional	Finanzas Privadas	Economía Pública	Total
2000	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	1	0	0	0	1
2006	0	0	0	0	0	0	0
2007	1	0	0	0	0	0	1
2008	0	0	0	0	1	0	1
2009	0	0	2	1	0	0	3
2010	1	1	1	1	0	1	5
2011	0	0	2	1	0	0	3
2012	0	0	0	0	0	0	0
2013	0	0	2	0	0	0	2
Total	2	1	8	3	1	1	16

Fuente: Elaboración propia con base en registro de REDALYC



La Tabla 7 agrupa los artículos que usan primordialmente modelos con efectos dinámicos. Esta tabla, al igual que las dos anteriores, permite estimar el uso relativo de dichos modelos en las áreas del conocimiento. Los porcentajes relativos de uso de dichos modelos para las ciencias sociales, la macroeconomía, la microeconomía, la economía internacional, las finanzas privadas y las finanzas públicas equivalen, respectivamente, al 14.3, 50.0, 4.0, 25.0, 20.0 y 37.5 por ciento. Así, los porcentajes muestran que, los estudios macroeconómicos utilizan modelos dinámicos con mayor frecuencia relativa que en las otras áreas del conocimiento. Por tanto, en dichos estudios predomina el uso de técnicas de estimación de nivel avanzado.

TABLA 7. Modelos con Efectos Dinámicos y Áreas del Conocimiento

2000-2013

(Artículos Publicados)

Año/ Área	Ciencias Sociales	Macro- economía	Micro- economía	Economía Internacional	Finanzas Privadas	Economía Pública	Total
2000	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	1	0	0	0	0	1
2004	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	2	0	0	0	0	2
2006	0	1	0	1	0	1	3
2007	0	1	0	1	0	1	3
2008	2	0	0	0	0	0	2
2009	0	0	0	0	2	0	2
2010	0	1	1	0	0	1	3
2011	0	1	0	1	0	0	2
2012	0	1	0	0	0	0	1
2013	0	0	0	0	0	0	0
Total	2	8	1	3	2	3	19

Fuente: Elaboración propia con base en registro de REDALYC

Los resultados del análisis muestran que existen tendencias definidas que caracterizan el uso de los modelos de panel en las ciertas áreas de conocimiento. Concretamente, el análisis sugiere que, pese a predominar un enfoque estático, hay cierta diversificación en el uso de los distintos tipos de modelos econométricos. El análisis también muestra que en los estudios relativos a las ciencias sociales predomina el uso de técnicas de estimación relativamente sencillas. Asimismo, muestra que en los estudios microeconómicos predomina el uso de técnicas de nivel intermedio. Además, en los estudios macroeconómicos predomina el uso de técnicas econométricas avanzadas.

## 6. Conclusiones y discusión

En este estudio se ha ofrecido una introducción hacia la historia de la econometría de panel, los modelos econométricos más comunes y sus usos en el contexto mexicano. Así, en la primera parte del estudio, se ha mostrado la evolución de la econometría de panel desde el siglo XIX hasta principios del siglo XXI. En la segunda se han descrito los modelos con efectos fijos, aleatorios y dinámicos. En las partes subsecuentes, se han mostrado algunas tendencias sobre los estudios que han usado paneles y sobre el uso de los modelos en ciertas áreas del conocimiento (ciencias sociales, macroeconomía, microeconomía, economía internacional, finanzas privadas, finanzas públicas). Estas tendencias se han analizado usando los artículos en la hemeroteca REDALYC para el periodo 2000-2013.

Los resultados del estudio sugieren que la econometría de panel todavía constituye un área de investigación promisoría en los ámbitos teórico y empírico. En el ámbito teórico, es necesario relajar los supuestos requeridos por los modelos dinámicos existentes. Asimismo es necesario considerar la existencia de formas funcionales y relaciones no lineales, distribuciones de probabilidad no normales y la existencia de exogeneidad no estricta de las variables. En el ámbito empírico, es necesario ampliar los usos de los modelos para analizar problemas regionales y locales de las economías en desarrollo. En esas economías, los modelos para paneles todavía constituyen herramientas relativamente subutilizadas.<sup>20</sup>

Los resultados del análisis de los artículos sugieren que existen algunas tendencias en la investigación econométrica relativa a México. Particularmente, el análisis sugiere que hay un interés creciente por hacer investigaciones empíricas. Este interés se refleja particularmente en los estudios macro y microeconómicos. Asimismo, los resultados sugieren que los estudios macroeconómicos pueden tener una mayor difusión en la comunidad internacional. Sin embargo, también sugieren que la difusión de la investigación relativa a México ésta limitada porque hay pocas publicaciones en inglés. Además, el análisis muestra que casi la mitad de la investigación que utiliza paneles de datos se desarrolla en colaboración entre investigadores.

Los resultados del análisis también muestran que existen tendencias definidas que caracterizan el uso de los modelos de panel en las ciertas áreas de conocimiento. Concretamente, el análisis sugiere que, pese a predominar un enfoque estático, hay cierta diversificación en el uso de los distintos tipos de modelos econométricos. El análisis también muestra que en los estudios relativos a las ciencias sociales predomina el uso de técnicas de estimación relativa-

20 Entre los usos más interesantes de la econometría de panel hay algunos trabajos que no han sido publicados como artículos. Entre estos destacan los que explican los determinantes del diseño de las leyes en México (véase García-Vázquez 2008 y García Vázquez y Ruiz Porras, 2011) y los que explican el papel de las instituciones en el crecimiento económico (Gutiérrez Banegas y Ruiz Porras, 2014).

mente sencillas. Asimismo, muestra que en los estudios microeconómicos predomina el uso de técnicas de nivel intermedio. Además, en los estudios macroeconómicos predomina el uso de técnicas econométricas avanzadas.

Finalmente, debe enfatizarse que este estudio ha tenido la finalidad mostrar los alcances, límites y posibilidades de la investigación mediante paneles de datos. Si bien, los trabajos analizados aquí se han referido a investigaciones en las ciencias sociales, económicas y financieras; debe señalarse que los problemas en las ciencias son muy diversos y variados.<sup>21</sup> Por esta razón, es muy probable que los desarrollos y usos de los modelos para paneles continúen expandiéndose en el corto y mediano plazos. En este contexto, este estudio resulta una introducción hacia la investigación y no una investigación terminada. Y justamente por esa razón cabría esperar que motive investigaciones teóricas y empíricas.

---

21 En este sentido, cabe señalar que durante la revisión de la hemeroteca REDALYC, se hallaron estudios referidos a investigaciones en la química, la astronomía y las ciencias de la salud que utilizaron técnicas para paneles de datos.



## REFERENCIAS

- Airy, G.B., (1861), *On the Algebraical and Numerical Theory of Errors on Observations and the Combination of Observations*, Cambridge, Inglaterra, Macmillan
- Anderson, R.E. y T.A. Bancroft, (1952), *Statistical Theory on Research*, Nueva York, Estados Unidos, McGraw Hill
- Arellano, M., y S. Bond, (1991), “Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations”, *Review of Economic Studies*, 58(2), 277-297
- Arellano, M., y O. Bover, (1995), “Another look at the instrumental-variable estimation of error-components models”, *Journal of Econometrics*, 68(1), 29-51
- Balestra, P. y M. Nerlove, (1966), “Pooling cross section and time series data in the estimation of a dynamic model: The demand for natural gas”, *Econometrica*, 34(3), 585-612
- Baltagi, B.H. (2005), *Econometric Analysis of Panel Data*, Tercera edición, Chichester, Inglaterra, John Wiley and Sons
- Baum, C.F., M.E. Schaffer y S. Stillman, (2003), “Instrumental variables and GMM: Estimation and testing”, *Stata Journal*, 3(1), 1-31
- Blundell, R., y S. Bond, (1998), “Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models”, *Journal of Econometrics*, 87(1), 115-143
- Blundell, R., y S. Bond, (2000), “GMM estimation with persistent panel data: An application to production functions”, *Econometric Reviews*, 19(3), 321-340
- Bond, S., (2002), “Dynamic panel data models: A guide to micro data methods and practice”, *Portuguese Economic Journal*, 1(2), 141-162
- Brüderl, J., (2005), “Panel data analysis”, Mannheim, University of Mannheim-School of Social Sciences, *Lecture Notes*
- Capolupo, R., (2009), “The new growth theories and their empirics after twenty years”, *Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*, 3(2009-1), <http://dx.doi.org/10.5018/economics-ejournal.ja.2009-1>
- Daniels, H.E., (1939), “The estimation of components of variance”, *Supplement to the Journal of the Royal Statistical Society*, 6(2), 186-197
- Dupont-Kieffer, A. y A. Pirotte, (2011), “The early years of panel data econometrics”, *History of Political Economy*, 43(5), 258-282
- Eisenhart, C., (1947), “The assumptions underlying the analysis of variance”, *Biometrics*, 3(1), 1-21
- Fischer, R.A., (1918), “The correlation between relatives on the supposition of Mendelian inheritance”, *Transactions of the Royal Society of Edinburg*, 52, 399-433

- Fischer, R.A., (1925), *Statistical Methods for Research Workers*, Edinburgo y Londres, Inglaterra, Oliver and Boyd
- Frees, E.W., (2004), *Longitudinal and Panel Data: Analysis and Applications in the Social Sciences*, Cambridge, Inglaterra, Cambridge University Press
- Frisch, R., (1936), "Note on the term 'Econometrics'", *Econometrica*, 4(1), 95
- García Vázquez, N., (2008), *Gobiernos Subnacionales, Partidos Políticos y el Diseño de la Fiscalización Superior en México 1999-2007*, Zapopan, México, Instituto Nacional de Administración Pública y El Colegio de Jalisco
- García Vázquez, N. y A. Ruiz Porras, (2011) "La economía política de la fiscalización superior en México: Un análisis de panel para las entidades federativas", en J. J. Jardón Urrieta (coord.), *Temas de Economía Pública Local*, (UMSNH y UASLP, México), 31-54
- Gauss, C.F., (1809), *Theoria Motus Corporeum Celestium*, Hamburgo, Alemania, Perthes und Besser
- Gujarati, D.N. y D.C. Porter, (2008), *Basic Econometrics*, Quinta edición, Nueva York, Estados Unidos, McGraw-Hill
- Gutiérrez Banegas, M.A. y A. Ruiz Porras, (2014), *Capital Social, Confianza y Crecimiento Económico: Una Investigación para América Latina*, México DF, México, Tecnológico de Monterrey
- Grunfeld, Y. (1958), *The Determinants of Corporate Investment*, Chicago, Estados Unidos, University of Chicago-Department of Economics, Tesis doctoral
- Hansen, L.P., (1982), "Large sample properties of generalized method of moments estimators", *Econometrica*, 50(4), 1029-1054
- Hausman, J.A., (1978), "Specification tests in econometrics", *Econometrica*, 46(6), 1251-1271
- Hildreth, C., (1950), "Combining cross section data and time series", Yale, University of Chicago-Cowles Commission for Research in Economics, *Cowles Commission Discussion Paper Statistics 347*
- Hoch, I., (1958), "Simultaneous equation bias in the context of the Cobb-Douglas production function", *Econometrica*, 26(4), 566-578
- Hoch, I., (1962), "Estimation of production function parameters combining time-series and cross-section data", *Econometrica*, 30(1), 34-53
- Hsiao, C. (2003), *Analysis of Panel Data*, Segunda edición, Nueva York, Estados Unidos, Routledge
- Keane, M.P. y D.E. Runkle, (1992), "On the estimation of panel-data models with serial correlation when instruments are not strictly exogenous", *Journal of Business and Economic Statistics*, 10(1), 1-9
- Kmenta, J. (1986), *Elements of Econometrics*, Segunda edición, Nueva York, Estados Unidos, MacMillan



- Legendre, A.M., (1805), *Nouvelles Méthodes pour la Détermination des Orbites des Comètes*, Paris, Francia, Courcier
- Louca, F. (2007), *The Years of High Econometrics: A Short History of the Generation that Reinvented Economics*, Abingdon, Inglaterra, Routledge
- Maddala, G.S. (1971), “The likelihood approach to pooling cross section and time series data”, *Econometrica*, 39(6), 939-953
- Maddala, G.S., (1975), “Some problems arising in pooling cross-section and time-series data”, Rochester, University of Rochester, *Discussion Paper*
- Malinvaud, E., (1966), *Statistical Methods of Econometrics*, Chicago, Estados Unidos, Rand McNally
- Marschak, J. y W.H. Andrews, (1944), “Random simultaneous equations and the theory of production”, *Econometrica*, 12(3-4), 143-205
- Morgan, M.S. (1990), *The History of Econometric Ideas*, Cambridge, Inglaterra, Cambridge University Press
- Mundlak, Y., (1961), “Empirical production functions free of management bias”, *Journal of Farm Economics*, 43(1), 44-56
- Mundlak, Y., (1978), “On the pooling of time series and cross section data”, *Econometrica*, 46(1), 69-85
- Nerlove, M., (1971), “Further evidence on the estimation of dynamic economic relations from a time-series of cross sections”, *Econometrica*, 39(2), 359-382
- Nerlove, M., (2002), “The history of panel data econometrics, 1861-1997”, en Nerlove, M., (ed.), *Essays on Panel Data Econometrics*, Cambridge, Inglaterra, Cambridge University Press, 1-114
- Nievergelt, Y., (2000), “A tutorial history of least squares with applications to astronomy and geodesy”, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 121(1), 37-72
- Pérez López, C. (2008), *Econometría Avanzada: Técnicas y Herramientas*, Madrid, España, Pearson Prentice Hall
- Roodman, D., (2009), “How to do xtbond2: An introduction to Difference and System GMM in Stata”, *Stata Journal*, 9(1), 86-136
- Ruiz Porras, A., (2008), “Banking competition and financial fragility: Evidence from panel-data”, *Estudios Económicos*, 23(1), 49-87
- Ruiz Porras, A. y K.A. Hosten, (2012), “La gobernanza importa: Las relaciones de largo plazo entre la gobernanza y la inversión extranjera directa en América Latina”, Documento presentado en el “Seminario Internacional: Perspectivas de la Macroeconomía bajo el Avance y Evolución de los Aspectos Micro-Analíticos y Meso-Económicos”, con sede en la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, Marzo 22-23, 2012 (Morelia)