

ECONOMISTAS

ANÁLISIS DE SERIES TEMPORALES, COINTEGRACIÓN Y APLICACIONES*

Clive W. J. Granger**

Universidad de California-San Diego

George E. P. Box y Gwilym M. Jenkins (1970) y otros habían propuesto previamente métodos para analizar una única serie integrada, pero en el análisis conjunto de dos o más de tales series faltaba un rasgo importante. Resulta que la diferencia entre un par de series integradas puede ser estacionaria, y esta propiedad se conoce como "cointegración". Una vez que sabemos que dos variables tienen la propiedad de la cointegración, de ello se sigue que las variables tienen otras propiedades útiles e interesantes. Por ejemplo, deben estar cointegradas ambas con el mismo factor común oculto. Además, puede considerarse que han sido generadas por lo que es conocido como un "modelo de corrección del error". Una propiedad potencialmente útil de las predicciones basadas en la cointegración es que, cuando se prolongan de alguna manera hacia adelante, las predicciones de las dos series forman una ratio constante, tal y como se espera por parte de algunas teorías económicas asintóticas. Este resultado asintótico lleva a que esta clase de modelos tengan cierto interés para los teóricos de la economía, quienes están preocupados por el "equilibrio". El que el tipo de equilibrio derivado de los modelos se relacione con el que plantean los teóricos es algo que no está claro. Un concepto anterior con el que me enfrenté fue el de causalidad. La afirmación respecto a la causalidad tiene exactamente dos componentes: 1. La causa ocurre antes del efecto, y 2. La causa contiene información sobre el efecto que es única, y no está en otra variable. Una *consecuencia* de esta afirmación es que la variable causal puede contribuir a la predicción de la variable efecto después de que se hayan utilizado previamente otros datos. Desafortunadamente, muchos usuarios se centran en esta consecuencia de tipo predictivo en vez de en la definición original. Cuando se desarrolló la idea de cointegración, en torno a una década más tarde, quedó claro inmediatamente que si dos series están cointegradas al menos una de ellas debía causar a la otra.

Palabras clave: Conferencia Nobel, cointegración, modelo de corrección del error, causalidad, causalidad *à la* Granger.

* © The Nobel Foundation 2003 (www.nobelprize.org). Este artículo es una versión revisada del discurso pronunciado por el profesor Clive W. J. Granger en Estocolmo, el 8 de diciembre de 2003, cuando recibió, junto con el profesor Robert Engle, el Premio del Banco de Suecia en Ciencias Económicas, instituido en memoria de Alfred Nobel (Premio Nobel de Economía). El artículo se publica en *RAE Revista Asturiana de Economía* con el consentimiento del autor y la autorización de la Fundación Nobel. La traducción ha sido realizada por Mario Piñera.

** Departamento de Economía, Universidad de California-San Diego, La Jolla.

Los dos galardonados con el premio en Economía de este año se describirían a sí mismos como “económetras”, y por ello creo que debería comenzar por la explicación de ese término.

Se puede comenzar con el viejo campo de las matemáticas, que se ocupa en gran parte del descubrimiento de las relaciones entre variables determinísticas utilizando razonamientos rigurosos. (Una variable determinística es aquella cuyo valor se conoce con certeza). Sin embargo, a mediados del último milenio quedó claro que algunos objetos no eran determinísticos, que tenían que describirse utilizando las probabilidades, con lo que en las matemáticas apareció un subcampo importante conocido como “Estadística”. Posteriormente, éste se terminó asociando al análisis de datos y se desarrollaron varios métodos para los datos que tenían lo que podrían denominarse las “propiedades estándar”.

Sin embargo, en algunos campos de aplicación se encontró que los datos que ellos generaban no eran estándar y, consecuentemente, se tuvieron que desarrollar sub-subcampos particulares. Por ejemplo, la biología produjo la biometría, la psicología dio lugar a la psicometría y la economía generó la econometría.

Hay muchos tipos de datos, pero el considerado por Robert Engle y yo mismo se conoce como series temporales. Considere la medición de la tasa de desempleo, que es una medida importante de la salud de la economía. Una agencia gubernamental recopila las cifras y se anuncia una nueva cada mes. En el mes siguiente habrá otro número, y así sucesivamente. Junte todos estos valores en un gráfico sencillo y tendrá una “serie temporal”.

En vez de mostrar un gráfico, preferiría que usted utilizara una visualización interna (creo que aprenderá más de esa manera). Suponga que tiene ensartado, sin apretar, un collar de perlas, y que lo lanza, cuidadosamente, sobre la superficie dura de una mesa con la sarta de perlas más o menos estirada. Usted habrá creado una serie temporal en la que el tiempo estará representado por la distancia a lo largo de la mesa, los puntos de la serie vendrán definidos por el conjunto de perlas y la magnitud de la variable por la distancia desde el borde inferior de la mesa hasta cada punto. Dado que la ubicación de una perla influirá en la ubicación de la siguiente, al estar todas ellas enlazadas, esta serie dará la impresión de ser bastante suave, y en lo que respecta al valor no tendrá grandes fluctuaciones de un período al siguiente.

Las series temporales pueden diferenciarse de muchas formas: algunas se recopilan muy a menudo, otras con una frecuencia menor. Los valores de muchas variables financieras importantes se conocen no solamente cada día, sino incluso en cuestión de segundos, si cambian datos tales como el precio de las acciones que se intercambian mucho o los tipos de cambio. A éstos se les denomina “datos de alta frecuencia” y son la base de los estudios de Robert Engle.

En el otro extremo, algunos aspectos de la economía en general, o “macro”, tales como la renta nacional, el consumo y la inversión, es posi-

ble que para muchos países sólo estén disponibles en términos trimestrales y para otros sólo en términos anuales. En el mismo sentido, los datos de población sólo están disponibles en términos anuales o menos frecuentemente. Gran parte de estas series son bastante lisas, moviéndose con tendencias locales o con oscilaciones prolongadas, oscilaciones que no son regulares. Es esta relativa suavidad la que hace que sean poco apropiadas para el análisis con los procedimientos estadísticos estándar, los cuales se basan en que los datos tienen una propiedad conocida como "estacionariedad". Muchas series de la economía, especialmente en las finanzas y la macroeconomía, no tienen esta propiedad y se pueden denominar "integradas" o, a veces incorrectamente, "no estacionarias". Sin embargo, cuando se expresan en forma de cambios o tasas de rendimiento, estas series derivadas parecen estar cerca de ser estacionarias. La sarta de perlas estaría "integrada", en la medida en que es una serie suave.

George E. P. Box y Gwilym M. Jenkins (1970) y otros habían propuesto previamente métodos para analizar una única serie integrada, pero en el análisis conjunto de dos o más de tales series faltaba un rasgo importante. Resulta que la diferencia entre un par de series integradas puede ser estacionaria, y esta propiedad se conoce como "cointegración". Más formalmente, dos series suaves, en la escala apropiada pueden moverse y evolucionar, lentamente, de manera similar aunque no sea idéntica, pero la distancia entre ellas puede ser estacionaria.

Supóngase que teníamos dos cadenas similares de perlas y que las habíamos arrojado, independientemente, en la mesa, y que, para facilitar la visualización, no se cruzan. Cada una representaría a una serie suave, pero tendrían formas diferentes y no habría relación entre ellas. Si se traza, la distancia entre ambos conjuntos de perlas se tendrá también una serie suave.

Sin embargo, si las perlas estuvieran ensartadas en imanes pequeños pero fuertes, es posible que hubiera atracción entre ambas cadenas, y que tuvieran formas suaves similares, aunque no idénticas. En ese caso, la distancia entre los dos conjuntos de perlas nos daría una serie estacionaria y esto nos daría un ejemplo de cointegración.

Para que haya cointegración, dos series integradas, o suaves, han de tener la propiedad de que una combinación lineal de ellas sea estacionaria. Muchos pares de series integradas no cumplen dicha propiedad, y consecuentemente, cuando ocurre, la cointegración debe ser considerada como una sorpresa. En la práctica, muchos pares de series macroeconómicas parecen tener dicha propiedad, tal como se deduce de la teoría económica.

Una vez que sabemos que dos variables tienen la propiedad de la cointegración, de ello se sigue que las variables tienen otras propiedades útiles e interesantes. Por ejemplo, deben estar cointegradas ambas con el mismo factor común oculto. Además, puede considerarse que han sido generadas por lo que es conocido como un "modelo de corrección del error", en el que las variaciones en una de las series se explican en función de los retardos de la diferencia entre las series, posiblemente tras un ajuste de escala, y los retardos de las diferencias de cada serie. Las demás

series estarán representadas por una ecuación dinámica similar. Los datos generados por tal modelo es seguro que están cointegrados. El modelo de corrección del error ha sido importante, especialmente en lo que se refiere a convertir la idea de la cointegración en algo útil en términos prácticos. Fue inventado por el conocido econométra Dennis Sargan, que tomó algunas ecuaciones célebres de la teoría del crecimiento económico y las convirtió en estocásticas.

Al desarrollo temprano de la idea de cointegración contribuyeron enormemente colegas y amigos de los países escandinavos, incluyendo a Søren Johansen y Katerina Juselius en Copenhague, que desarrollaron y aplicaron procedimientos de contraste refinados; Svend Hylleberg en Århus, que extendió la teoría a los datos estacionales; y Eilev Jansen y sus colegas del Banco de Noruega, que la aplicaron con éxito a un amplio modelo econométrico de Noruega. Para completar el conjunto, Timo Teräsvirta, que procede de Finlandia pero vive ahora en Estocolmo, contribuyó a desarrollar modelos que fueron útiles para las formulaciones no lineales de la cointegración. Me alegra que todos estén aquí como mis invitados.

La economía macro moderna es amplia, difusa, y difícil de definir, medir y controlar. Los economistas tratan de construir modelos que se le aproximen –cuyas propiedades principales sean semejantes, de tal manera que uno pueda realizar experimentos sencillos con ellos, tales como determinar el impacto de políticas alternativas o las consecuencias a largo plazo de alguna institución nueva. Los teóricos de la economía realizan esto utilizando restricciones basadas en la teoría, mientras que los econométras construyen modelos empíricos utilizando lo que, se espera, son datos relevantes, y lo que capta las principales propiedades de la economía en el pasado. Todos los modelos suponen sencillamente que el modelo es correcto y extrapolan a partir del mismo, pero, se espera, con una indicación de incertidumbre en torno a los valores futuros.

En los últimos años, los modelos de corrección del error han sido una forma habitual de los modelos macro, y la cointegración es un elemento corriente. Se han considerado aplicaciones que han utilizado todas las variables principales, incluyendo la inversión, los impuestos, el consumo, el empleo, los tipos de interés, el gasto público, etc.

Son estos tipos de ecuaciones las que los bancos centrales, el Banco de la Reserva Federal y diversos constructores de modelos han encontrado útiles para las simulaciones de políticas y otras consideraciones.

Una propiedad potencialmente útil de las predicciones basadas en la cointegración es que, cuando se prolongan de alguna manera hacia adelante, las predicciones de las dos series forman una ratio constante, tal y como se espera por parte de algunas teorías económicas asintóticas. Este resultado asintótico lleva a que esta clase de modelos tengan cierto interés para los teóricos de la economía quienes están preocupados por el “equilibrio.” El que el tipo de equilibrio derivados de los modelos se relacione con el que plantean los teóricos es algo que no está claro.

Estas ideas y modelos se extienden fácilmente y limpiamente a muchas variables. Una vez que la idea de cointegración (un nombre que, por cierto, inventé yo) se convirtió en algo conocido, fue recogida rápidamente y utilizada por muchos otros econométricos y economistas aplicados. Ahora se encuentran numerosas citas y aplicaciones basadas en ella. Robert Engle y yo nos dimos cuenta pronto de que el concepto de cointegración y sus ampliaciones se podrían utilizar para explicar y eliminar diversas dificultades que habíamos observado en nuestra propia investigación y en la de otros. Parecía ser la pieza que faltaba en nuestra aproximación a la modelización de grupos de series.

Un ejemplo es el problema conocido como las "regresiones espurias". Se había observado, por Paul Newbold y yo mismo en una pequeña simulación publicada en 1974, que si dos series independientes integradas se utilizaban en una regresión, una elegida como la "variable dependiente" y la otra como la "variable explicativa", los programas de ordenador de regresión estándar parecían que "encontraban" muy a menudo una relación, cuando en realidad no había ninguna. Esto es, los métodos de regresión estándar encontrarían una "regresión espuria". Esta observación llevó a una gran reconsideración del trabajo empírico, especialmente en la macroeconomía, con el fin de ver si las relaciones aparentes eran o no correctas. Muchos editores tuvieron que mirar de nuevo su lista de artículos aceptados. El plantear el análisis en forma de un modelo de corrección del error resuelve muchas de las dificultades encontradas con las regresiones espurias.

Se me pregunta a menudo cómo se me ocurrió la idea de la cointegración. ¿Fue el resultado de una deducción lógica o un ramalazo de inspiración? Realmente, fue bastante más prosaico. Un colega, David Hendry, planteó que la diferencia entre dos series integradas podría ser estacionaria. Mi respuesta fue que se podría probar que él estaba equivocado, pero al tratar de hacerlo, demostré que tenía razón, y lo generalicé para la cointegración, y demostré consecuencias tales como la representación en forma de corrección del error. No siempre estoy de acuerdo con el filósofo Karl Popper, pero, según Malachi Haim Hacoheh (2000, p. 244), en su libro "The Logic of Scientific Discovery" Popper creía que "el descubrimiento no era una cuestión de lógica" sino más bien la aplicación de la metodología, lo que concuerda con el descubrimiento de la cointegración. Esta perspicacia me intriga en parte porque el libro de Popper apareció casi exactamente cuando yo nacía, en septiembre de 1934. En ese mismo momento Popper estaba debatiendo con Heisenberg sobre la relevancia de la teoría de la probabilidad en la física. Ocurre que los ecos de ese debate todavía persisten, pero relacionados con la economía. Mi posición es que está claro que podemos describir muchos de los movimientos de las variables económicas, y los datos resultantes, utilizando conceptos probabilísticos. Debería señalar también que 1934 fue el año en el que John M. Keynes finalizó el primer borrador de "The General Theory of Employment, Interest, and Money", aunque ello ocurrió muchos años antes de que yo me diera cuenta de la existencia de este libro.

Como una acotación al margen, redacté esta conferencia mientras visitaba el Departamento de Economía de la Universidad de Canterbury

en Nueva Zelanda, donde Karl Popper pasó también algunos años tras la Segunda Guerra Mundial.

Antes de abordar la utilidad de los nuevos métodos de análisis, desearía tomar un desvío de tipo personal. Este premio ha servido para culminar un año que comenzó con mi nombramiento como Distinguished Fellow de la *American Economic Association*. Previamente en mi carrera, he sido director de dos departamentos de economía, a pesar de que he realizado muy pocos estudios formales relacionados con dicho campo. Un tercio de mi primer año como estudiante de la licenciatura en la Universidad de Nottingham se centró en la economía, con introducciones a la micro y a la contabilidad nacional, y eso fue todo. Cualquier otro conocimiento que tenga se ha derivado de haber vivido entre economistas cerca de 40 años, por ósmosis, asistiendo a seminarios, debatiendo con ellos, y de lecturas generales. Mi pregunta es: ¿dice esto algo sobre mí, o algo sobre el campo de la economía? Creo que estoy en lo cierto si digo que no soy el primer ganador del Premio Nobel en Economía que tiene muy poca preparación formal en la materia. Me pregunto si la economía tiene menos núcleo fundamental del que es necesario en campos tales como las matemáticas, la física o la química. La economía tiene ciertamente innumerables aspectos, aplicaciones y puntos de vista diferentes, cada uno de los cuales debe moldear sus propias bases, al menos en la práctica. La teoría económica parece que mantiene efectivamente conceptos y rasgos comunes, pero éstos pueden ser bastante simplistas y no necesariamente realistas.

Debido posiblemente a que la economía no está anclada en demasiados conceptos centrales y a que, ciertamente, involucra una miríada de temas, tanto teóricos como aplicados, es un caldo de cultivo de ideas nuevas, conceptos, aproximaciones y modelos. La disponibilidad de medios informáticos más potentes a bajo coste ha incrementado recientemente esta actividad todavía más.

En mis lecturas me encontré con una afirmación (desafortunadamente, me he olvidado del nombre del autor) que señalaba que “la economía es una ciencia de la decisión, que se ocupa de los que toman decisiones, tales como los consumidores, los empleadores, los inversores, y los que diseñan las políticas, en diversas formas de gobierno, instituciones y corporaciones”. Acepto enteramente este punto de vista del que se deduce que el “objetivo de la economía es ayudar al que toma decisiones a que las tome mejor”. Esta afirmación es útil porque nos da una base con la que podemos comparar y evaluar partes concretas del análisis económico. Podemos preguntar: “¿en qué medida el que toma decisiones encontrará útil este resultado?”.

Como señalé anteriormente, los usos principales de las técnicas económicas que he contribuido a desarrollar, tales como la cointegración, fueron los relacionados con la elaboración de modelos estadísticos que vinculan las principales variables económicas y que, simultáneamente, ajustan mejor los datos disponibles y están de acuerdo con las concepciones previas de los diseñadores del modelo respecto a cómo debe ser este último. Uno de los usos principales de estos modelos ha sido el de

proporcionar predicciones a corto y medio plazo de variables macro importantes, tales como el consumo, la renta, la inversión y el desempleo, todas las cuales son series integradas. Se observó que las tasas de crecimiento derivadas eran un tanto predecibles. Las tasas de inflación y los rendimientos de los mercados especulativos, tales como acciones, bonos y tipos de cambio son mucho menos predecibles.

Hay una serie de etapas en el proceso de predicción: obtener la predicción central y después los límites de incertidumbre en torno a la misma con el fin de dar alguna idea de los riesgos asociados al uso de tal predicción. Finalmente, se tienen que reunir y evaluar las predicciones anteriores. Se espera que se detecten las propensiones, tendencias u oscilaciones que pueda haber en los errores, de tal forma que uno pueda aprender y generar mejores predicciones en el futuro. El proceso de evaluación de las predicciones, más la utilización de combinaciones de predicciones procedentes de diferentes series, es un proyecto de investigación en curso en la Universidad de California, San Diego.

Las predicciones no se obtienen únicamente de las series temporales, sino también de los datos de panel, los cuales pueden ser considerados como un grupo de series de naturaleza similar medidas partiendo de fuentes diferentes. Un ejemplo sería las tasas de inflación mensual de cada uno de los países escandinavos. Una vez que uno tiene claro el objetivo del análisis, se pueden formular técnicas apropiadas.

Recientemente he estado involucrado en un proyecto de este tipo cuyo objetivo es estudiar el futuro de la selva tropical en Brasil. Esta selva cubre un área más grande que la correspondiente a todos los países de la Unión Europea juntos, y está siendo talada bastante rápidamente. Yo fui uno de los cinco autores que realizó un informe (Lykke Anderson *et al.*, 2003) en el que se incluye un modelo que podría predecir el declive del bosque bajo diferentes supuestos de políticas. No se tala el bosque por su madera, sino para hacerse con la tierra que la madera ocupa, para producir alimentos. Desafortunadamente, y en contraste con lo que pasa con la superficie que antes ha sido forestal en Europa, su período de vida útil es a menudo bastante corto, frecuentemente se convierte en "barbecho" dentro de los cinco años posteriores a su deforestación.

La ventaja de ser un economista académico radica en la posibilidad de trabajar con datos procedentes de muchas áreas. He realizado experimentos vinculados con los precios en los supermercados reales, he analizado datos procedentes de los mercados de acciones, precios de las materias primas –concretamente los precios del oro y la plata– y tipos de interés. He examinado también la demanda de electricidad en regiones pequeñas, la participación de la mujer en la fuerza de trabajo, las inundaciones de los ríos e, incluso, las manchas solares. Cada dato plantea su propio y único, problema y sigo encontrando que el análisis de datos es fascinante, especialmente en la economía.

Hay muchas desventajas en el hecho de ser un estadístico que trabaja con datos económicos sin mucha formación en el área, pero de vez en cuando ello me permite aproximarme a un problema desde una dirección

diferente de la considerada por la mayoría de los economistas. Como estadístico, siento curiosidad por la mera magnitud de algunas de las economías más grandes, a pesar de que los economistas dedican poca atención a este aspecto del mundo real. Por ejemplo, en los Estados Unidos hay cerca de cien millones de hogares, con lo que el consumo es la suma del consumo de todos estos hogares. La suma para un número de familias tan grande debería tener unas propiedades estadísticas muy especiales, como consecuencia de diversos teoremas límite bien conocidos. Si no se observan estas propiedades, esto también tiene consecuencias importantes. Creo que estos temas, y muchos otros relacionados con la agregación, merecen más análisis.

Un concepto anterior al que le dediqué atención fue el de causalidad. Como estudiante postdoctoral en Princeton en 1959-1960, trabajando con los profesores John Tukey y Oskar Morgenstern, me vi envuelto en el estudio de algo llamado "espectro cruzado", lo que no trataré de explicar. Esencialmente, uno tiene un par de series temporales interrelacionadas y desea saber si hay un par de relaciones sencillas, primero desde la variable X, explicando la Y, y después desde la variable Y, explicando la X. Estaba teniendo dificultades respecto a cómo enfocar esta cuestión cuando conocí a Dennis Gabor, quien posteriormente ganaría el Premio Nobel de Física en 1971. Me dijo que leyería un trabajo de un matemático eminente, Norbert Wiener, el cual contenía una definición que me podría interesar. Esencialmente, fue esta definición, un tanto refinada y redondeada, la que analicé, junto con los test planteados a mediados de los años sesenta. La afirmación respecto a la causalidad tiene exactamente dos componentes:

1. La causa ocurre antes del efecto, y
2. La causa contiene información sobre el efecto que es única, y no está en otra variable.

Una *consecuencia* de esta afirmación es que la variable causal puede contribuir a la predicción de la variable efecto después de que se hayan utilizado previamente otros datos. Desafortunadamente, muchos usuarios se centran en esta consecuencia de tipo predictivo en vez de en la definición original.

En aquel momento no era muy consciente de que mucha gente tenía ideas muy fijas acerca de la causalidad, pero efectivamente estuvieron de acuerdo en que, a su juicio, mi definición no era una "causalidad verdadera", era solamente "causalidad *à la* Granger". Pedí una definición de causalidad verdadera, pero nadie me respondió. Sin embargo, mi definición fue pragmática y cualquier investigador aplicado que contara con dos o más series temporales podía aplicarla y de ahí que se me citara mucho. Por supuesto, aparecieron muchos trabajos absurdos.

Cuando, en torno a una década más tarde, se desarrolló la idea de cointegración quedó claro inmediatamente que si dos series estaban cointegradas al menos una de ellas debía causar a la otra. No parecía que hubiera razones especiales por las que estos dos conceptos tan diferentes tuvieran que estar relacionados; simplemente es la forma en la que las matemáticas trabajan.

Como una digresión breve para aquéllos de ustedes que cuentan con una formación más técnica, lo que les he estado contando hasta ahora se refiere en su mayor parte a conceptos que utilizan modelos lineales. Se puede generalizar todo ello a situaciones no lineales y recientemente se han realizado esfuerzos para utilizar conceptos similares en distribuciones condicionadas, que es una forma muy general. Da la impresión de que la causalidad tendrá un papel fundamental en la generalización del modelo de corrección del error, pero esto pertenece todavía a la investigación que se está realizando.

No estoy seguro respecto a si los estudios empíricos de la causalidad han demostrado ser tan útiles, aunque el debate en el que se relacionaba la oferta monetaria con los precios fue interesante. El concepto sirve efectivamente para formular los modelos dinámicos de formas más útiles.

Inicié este discurso hablando de la econometría. A los económetras nos encantan los números y, por ello, permítaseme terminar con algunos. Los dos primeros Premios Nobel de Economía fueron dos económetras, Ragnar Frisch y Jan Tinbergen, de los que estamos muy orgullosos. Ahora somos ocho los que contamos con el Premio, con lo que representamos el 15 por ciento de los que lo han obtenido en Economía. Sin embargo, en el presente milenio, suponemos en torno al 44 por ciento de los ganadores, lo que considero como una tendencia local saludable.

A lo largo de mi carrera y antes de hoy, he conocido a 21 premios Nobel: uno en Física (Dennis Gabor, 1970), uno de la Paz (Phillip Noel Baker, 1959), uno en Química (Harold Urey, 1934), más 18 premiados en Economía. Sin excepción, he observado que eran especialistas muy brillantes y que, además, tenían personalidades sobresalientes, dispuestos a ayudar a un estudioso poco experimentado, más joven, cuando buscaba su consejo o se reunía con ellos en un acto social. Confío en que sea capaz de estar a la altura de sus muy elevados niveles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andersen, L.; Granger, C. W. J.; Reis, E.; Weinhold, D. y Wunder, S. (2003): *The dynamics of deforestation and economic growth in the Brazilian Amazon*, Cambridge University Press, Cambridge.

Box, G. E. P. y Jenkins, G. M. (1970): *Time series analysis, forecasting, and control*, Holden Day, San Francisco.

Granger, C. W. J. y Newbold, P. (1974): "Spurious Regressions in Econometrics", *Journal of Econometrics*, vol. 2, n° 14, pp. 111-120.

Hacohen, M. H. (2000): *Karl Popper: The formative years, 1902-1945*, Cambridge University Press, Cambridge.

Keynes, J. M (1936): *The general theory of employment, interest and money*, MacMillan, Londres.

Popper, K. (1959): *The logic of scientific discovery*, Hutchinson, Londres.

ABSTRACT

Methods to analyze a single integrated series had been proposed previously by George E. P. Box and Gwilym M. Jenkins (1970) and others, but the joint analysis of pairs, or more, of such series was missing an important feature. It turns out that the difference between a pair of integrated series can be stationary, and this property is known as "cointegration". Once we know that a pair of variables has the cointegration property it follows that the variables have a number of other interesting and useful properties. For example, they must both be cointegrated with the same hidden common factor. Further, they can be considered to be generated by what is known as the "error correction model". A potentially useful property of forecasts based on cointegration is that when extended some way ahead, the forecasts of the two series will form a constant ratio, as is expected by some asymptotic economic theory. It is this asymptotic result that makes this class of models of some interest to economic theorists who are concerned with "equilibrium". Whether the form of equilibria suggested by the models is related to that discussed by the theorists is unclear. An earlier concept that I was concerned with was that of causality. The statement about causality has just two components: 1. The cause occurs before the effect; and 2. The cause contains information about the effect that is unique, and is in no other variable. A consequence of these statements is that the causal variable can help forecast the effect variable after other data have first been used. Unfortunately, many users concentrated on this forecasting implication rather than on the original definition. When the idea of cointegration was developed, over a decade later, it became clear immediately that if a pair of series was cointegrated then at least one of them must cause the other.

Key words: Nobel lecture, cointegration, error correction model, causality, Granger causation.