

## **LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN ECONOMETRICA**

**Nota técnica preparada por el Econ. Hugo Agurto Plata, para los alumnos del curso de Econometría que se ofrece en el Programa de economía de la Universidad de Piura**

## **LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN ECONÓMICA**

### **INTRODUCCIÓN**

El objeto de la presente nota, es describir de manera precisa y clara el proceso ordenado que se sigue en el campo de la investigación cuantitativa, para alcanzar dos de los objetivos más importantes de la investigación económica:

- i) verificación de una teoría;
- ii) construcción de una teoría

Una presentación gráfica del problema de la construcción y verificación de una teoría, puede ser encontrada en el esquema siguiente:

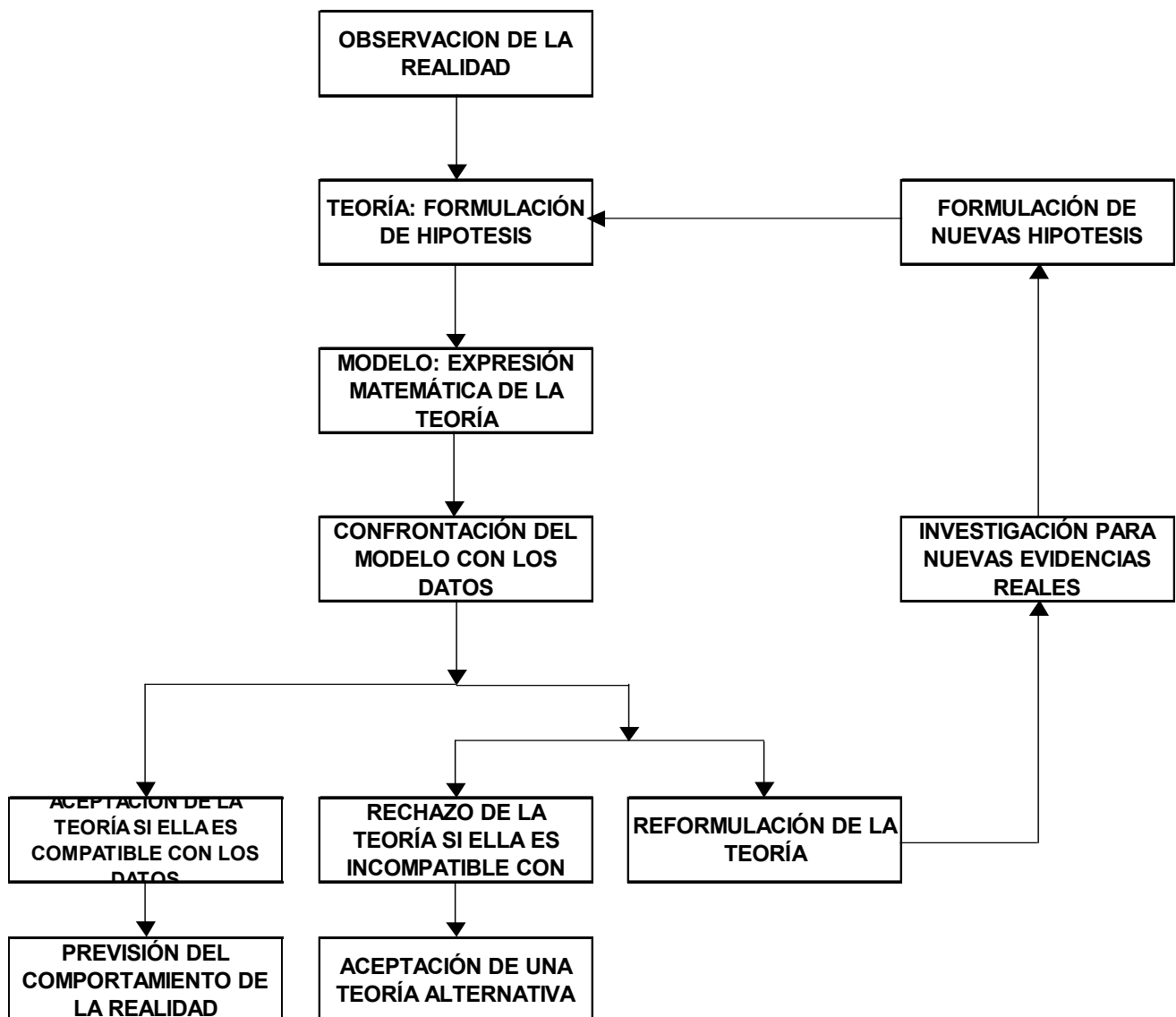
La idea más importante que el gráfico debe traducir es que todo proceso de investigación empieza y termina en la realidad; esto es, aún cuando una teoría sea el resultado de una elaboración lógica de hipótesis y supuestos su bondad (capacidad para explicar algo), sólo puede ser conocida si es que ella es sometida a prueba frente a la realidad. Otra idea, de igual relevancia que la anterior (aunque no tan obvia), es que ninguna teoría puede ser concluyente aceptada o rechazada. Ella es siempre aceptada o refutada dentro de un cierto margen de confianza en base a una particular evidencia experimental. Sin embargo, lo obviamente deducible del gráfico 1, es que la

investigación cuantitativa es un proceso ordenado y sistemático en el que pueden ser indicadas diferentes etapas. La primera de ellas puede ser resumida con el esfuerzo para “modelizar” el fenómeno que se desea estudiar; la segunda como que integran un modelo con el objeto de estimar algunos parámetros que sometidos a ciertas evaluaciones en una tercera etapa, nos permitan en una cuarta etapa predecir el conocimiento de la realidad.

La descripción pormenorizada de una de esas etapas, es el punto que a continuación se desarrolla. Sin embargo antes de empezar a cubrir dicho objetivo es conveniente desarrollar un concepto que será usado muy intensivamente en el desarrollo del tema; esto es, el concepto de MODELO.

**Gráfico 1**

**VERIFICACIÓN Y/O ELABORACION DE UNA TEORÍA**



## ¿Qué es un Modelo?

Es un conjunto de relaciones matemáticas que expresan en forma simplificada e idealizada, las características básicas y esenciales de:

- (1) Un orden institucional y legal vigente;
- (2) Una tecnología incorporada a la actividad económica objeto de análisis;
- (3) Una regularidad observada en el comportamiento real de los sujetos de actividad económica.

Los modelos pueden estar Integrados, en forma complementaria, por otras dos categorías de relaciones de relaciones matemáticas a saber, las identidades y las ecuaciones de equilibrio móvil (1).

En el campo de la macroeconomía, el modelo económico más simple es el que se conoce con el nombre de modelo de determinación del nivel de ingreso de equilibrio de una economía, y se expresa así:

$$(1) C = c_0 + c_y Y$$

$$(2) Y = C + \bar{I}$$

La simplificación e idealización de que habla la definición anterior quedan explicadas aquí por el hecho de que un sistema de dos ecuaciones describe a toda una economía cerrada sin sector público. Agrégase a lo anterior la hipótesis de que la inversión es exógena ( $\bar{I}$ ), lo que constituye una súper simplificación.

Lo que hipotiza la relación<sup>1</sup>, es que el consumo de la economía (C) está relacionada linealmente con el ingreso (Y). En la misma relación que también se denomina de comportamiento,  $c_0$  y  $c_y$  son parámetros.

La relación (2) es una identidad que establece que el Y o Renta Nacional, está definida por la suma del consumo y la inversión.

---

<sup>1</sup> DAGUM y DAGUM. Introducción a la Econometría. Ed. Siglo 21. Cap. 2. pp 18.

Frente a tal modelo varias cuestiones pueden ser investigadas, pero quizá la que más se relacione con esta nota de estudio es:

**¿Cuál es el valor de los parámetros que caracterizan a la relación de consumo de esa economía?**

El método más usado en la medición de relaciones económicas es el método Econométrico; por ello es en relación a él, el que centraremos nuestra revisión de las cuatro etapas fundamentales de todo proceso de investigación cuantitativa.

Las Cuatro Etapas de la Investigación econométrica

Cualquiera que sean los objetivos de la investigación econométrica hay cuatro etapas en el desarrollo de ella:

1º Etapa: Especificación del modelo

2º Etapa: Estimación del modelo

3º Etapa: Evaluación de los estimadores

4º Etapa: Evaluación de la capacidad predictiva del modelo.

A continuación describimos la relevancia de cada uno de ellas dentro del todo el proceso y también el desarrollo de cada una de las tareas que el investigador debe cubrir en cada etapa.

**1ª Etapa Especificaciones del Modelo**

El éxito de toda investigación econométrica está en lograr una adecuada especificación del modelo que formaliza el problema a estudiarse.

En concreto, especificar un modelo de elaborar un conjunto de hipótesis coherente que destaque o ponga en evidencia:

- i) cual es la variable explicada (variable dependiente) y cual o cuales son las variables explicativas del modelo (variables independientes).
- ii) Que es lo que espera acerca del tamaño y signo de los parámetros de la relación; y finalmente,

- iii) Cual es la forma matemática o más específicamente, cual es el tipo de reacción que existe entre la variable dependiente y las explicativas, si es que el modelo es uniecuacional; o cuáles son las formas de ecuaciones dentro del sistema si es que se tratara de un modelo multiecuacional.

Por otro lado, una buena especificación es aquella que se basa en lo que la teoría económica propone respecto a esa relación. Como no siempre la teoría es completa en la formulación de todos los problemas económicos existentes, es recomendable recurrir a cualquier información disponible relacionada con el fenómeno que está siendo investigado.

De lo anterior debe quedar claro que la especificación de un modelo presupone manejo de la teoría económica, así como también una adecuada familiarización con el fenómeno que está siendo estudiado. Por lo tanto, lo anterior tiene una sola implicancia no es posible utilizar el método econométrico, si no se maneja la teoría económica con alguna solvencia.

La fundamentación de la idea anterior puede ser vista en el ejemplo siguiente: supongamos que un investigador esta interesado en estimar la demanda de un determinado bien X. Frente a tal problema, la opción más racional es recurrir a lo que la teoría económica de la demanda sugiere, y especificar por ejemplo:

$$(2) \quad Q_x^d = Q(P_x, P_j, Y_t)$$

Donde:

$Q_x^d$  : cantidad demandada del bien x

$P_x$  : precio del bien x

$P_j$  : precio del otro bien (sustituto o complementario)

$Y_t$  : ingreso de los consumidores

la formulación (2), no es otra cosa que la especificación general que la teoría económica ha delineado para la relación que describe el comportamiento de los demandantes. Si bien (2) puede servir como una base de especificación para una relación de demanda, al asociarse tal especificación a un caso específico, ella podría ser inconveniente, ya que si por ejemplo el bien X fuera un electrodoméstico la caracterización más conveniente para la variable ingreso no sería el ingreso corriente, sino el ingreso que se espera en el futuro o ingreso esperado. Siguiendo en la misma línea de precisión, ni siquiera el ingreso esperado podría ser aceptado como la variable explicativa más conveniente, ya que para bienes duraderos la variable determinante de la demanda es la tasa de interés real.

Por otro lado, dependiendo del contexto donde se pretende realizar la estimación otras variables que no aparecen como explicativas de la especificación (2), pueden justificar mayor relevancia que cualquiera de las variables que la teoría señala como importante.

Así por ejemplo, si la estimación es hecha en un país, comunidad o grupo de bajos ingresos, en realidad si no más bien aquella variable que resuma los mecanismos de venta a plazos.

Es por estas consideraciones que una adecuada especificación es aquella que no sólo recurre a lo que la teoría económica propone, sino también a toda información disponible en el contexto se plantea la investigación.

Establecidas las principales consideraciones que deben ser tenidas en cuenta en una adecuada especificación para un modelo, pasamos ahora a examinar la naturaleza y contenido de los elementos que en sí definen esta etapa; esto es, el número de variables explicativas, a expectativa respecto a signos y tamaños de los parámetros, y la forma matemática del modelo.

### **Numero de variables en la especificación**

**¿Cuál es el numero de variables explicativas que deben ser consideradas en la especificación?**

No existe una receta para la solución de tal pregunta; sin embargo, es muy frecuente ver que cuando se trata de un modelo uniecuacional la mayoría de las relaciones económicas tiene entre 2 y 4 explicativas. Por otro lado, debería ser claro que el número de variables a ser incluidas en un modelo depende fundamentalmente de la naturaleza del fenómeno a investigarse y también de la finalidad de la investigación.

Si por ejemplo nuestro objetivo es medir o cuantificar la relación (2), esta debe ser reespecificada de la manera siguiente:

$$(2') \quad Q_x^d = Q[P_x, P_j, Y, U]$$

Donde:

U: Término de perturbación o error.

La diferencia entre lo especificado en (2) y (2') es fundamental para la tarea de medir la relación de demanda.

Mientras que (2) es una relación exacta de las que típicamente plantea la teoría económica, la relación (2') es una relación inexacta, caracterizada fundamentalmente por la incorporación de una variable aleatoria (estocástica), con propiedades probabilísticas bien definidas.

Lo que la relación exacta o determinista plantea es que las variables explicativas  $P_x, P_j$  e  $Y$  tienen un impacto sistemático en las variaciones de  $Q_x^d$  :

Dado que, en la tarea de medir una relación, debe tomarse en cuenta no sólo el efecto sistemático de las variables que señala la teoría económica, sino también el efecto de otras variables secundarias que intuitivamente podemos reconocer como afectadoras de la cantidad demandada, pero que no pueden ser medidas, tales como por ej. : gustos, preferencias; las llamadas relaciones inexactas o también llamadas relaciones econométricas incorporada la variable aleatoria, U.



Por tanto, la variable U es la variable que, a manera de “cajón de sastre” incorpora el efecto sistemático, sino más bien aleatoria sobre la variable dependiente.

Finalmente para concluir, debemos indicar que la especificación de una variable aleatoria entre las explicativas de una relación econométrica, exige la especificación de algunos supuestos acerca de la naturaleza de su distribución de probabilidad, en razón de que por definición una variable aleatoria no es observable. Esos supuestos se refieren de manera general al tipo de distribución media y varianza de la misma.

Expectativa respecto a tamaño y signo de los parámetros

Es la teoría económica la que sugiere los signos y tamaños de los parámetros. Para simplificar, sigamos con la especificación dada por la teoría de la demanda propuesta anteriormente, en la expresión (2):

Respecto a ella, como es bien conocido la teoría sugiere que si el bien X es un bien industrial, debemos esperar que:

$\frac{\delta Q_x}{\delta P_x} < 0;$       puesto que la “Ley de Demanda” postula una relación inversa entre precio y cantidad

$\frac{\delta Q_x}{\delta P_j} >> 0;$       Dependiendo si el bien es complementario o sustituto del bien X

$\frac{\delta Q_x}{\delta Y} > 0;$       En razón de que si el bien no es de los llamados “Inferiores” la cantidad demandada y el ingreso se muevan en el mismo sentido

Por otro lado, respecto a la probable magnitud que deban alcanzar esos parámetros, la teoría económica tiene bastante bien establecido que si la especificación de la relación de demanda dada en (2) estuviera expresada en forma doblemente logarítmica, los parámetros anteriormente definidos serían los conceptos de elasticidades precio, cruzada, e ingreso, respectivamente; y en tal caso, si el bien X es un bien que satisface necesidades secundarias, entonces deberíamos esperar que las elasticidades precio e ingreso serían bastante cercanas a uno, asumiendo que el bien X no tiene sustitutos cercanos.

## **Forma matemática del modelo**

En casi la mayoría de veces la teoría económica no sugiere de manera explícita la forma matemática en la que debe ser especificado un modelo; ni tampoco el número de ecuaciones que deben ser incluidas en el mismo. Frente a tal hecho, corresponde al investigador elegir entre las formas matemáticas lineales y no lineales, la que a su juicio, mejor expresa el fenómeno que está investigando.

Finalmente, para concluir con el ejemplo que veníamos desarrollando, diremos que la teoría económica de la demanda, no establece que un estudio de demanda daba ser planteado con un modelo de ecuación única o con un sistema de ecuaciones simultáneas. En tal consideración, está a manos del investigador decidir si el fenómeno que investiga puede ser adecuadamente descrito por una ecuación o por un sistema multiecuacional.

Lo que si debe ser una regla es que, el mundo de la economía es por naturaleza complejo, siempre que sea posible debemos evitar aproximar un modelo multiecuacional a un modelo de una sola ecuación, ya que el precio que pagaremos por la simplicidad en el manejo del modelo será necesariamente alto, en razón de que perderemos exactitud en nuestras estimaciones.

Dicha aproximación nos llevaría irremediablemente a obtener medidas incorrectas en la estimación. Por otro lado cualquiera que sea el método de estimación todos ellos son sensibles a los errores que se generan en este tipo de especificaciones resumidas.

De lo contrario no puede concluirse que todas las estimaciones que se realizan como especificación uniecuacional son incorrectas, ya que hay situaciones en las cuales bajo ciertas normas de cuidado, podríamos lograr resultados adecuados. Por otro lado y quizás lo que muchas veces es definitivo en alguna investigación: factores de costo disponibilidad de datos, posibilidad de acceso a los servicios de computación, condicionan la amplitud del modelo y en este caso no existe otra alternativa que la de trabajar con lo que se tiene, sabiendo de antemano la escasa precisión de los resultados.

Para concluir, debemos remarcar que:

1. La especificación del modelo es la más importante y difícil etapa del proceso de investigación.
2. Que las dificultades sólo pueden ser superadas, si el investigador realiza previamente un esfuerzo para manejar lo que la teoría económica propone respecto a lo que investiga.
3. Que visto que la teoría económica nada propone respecto a la forma matemática del modelo y el número de ecuaciones del mismo, el investigador debería ser extremadamente cuidadoso en su elección, procurando en todos los casos usar la forma y el tipo de modelo que mejor “capte” el fenómeno que busca investigar. Lo que en concreto nos lleva a concluir: una adecuada especificación, sólo es posible si se ejecuta después de un real entendimiento del problema que se busca resolver.

## **2ª Etapa: Estimación del Modelo**

El objetivo de esta etapa es la cuantificación de los parámetros del modelo, utilizando como insumo un conjunto muestral de datos para cada una de las variables especificadas y como medio uno de los diferentes métodos econométricos con que cuenta la investigación cuantitativa.

El trabajo que el investigador desarrolle en esta etapa es puramente técnico; esto es, tiene que ver con el cumplimiento de ciertas reglas que forman, desde la acción simple de recolectar datos hasta aquellas que tienen que ver con la operatividad y manejo de los métodos propios de la cuantificación econométrica.

Igual que en etapa anterior revisaremos pormenorizadamente cada una de estas acciones, para destacar en cada tarea las exigencias de las normas aplicables a la misma. Dentro de estas tareas están:

1. La recolección de observaciones estadísticas para cada una de las variables del modelo.
2. El examen de ciertos problemas de agregación que están implícitas en algunas variables de naturaleza macroeconómica.
3. El examen del grado de asociación que podría existir entre algunas variables que hacen el papel de explicativas en el modelo.

4. E examen de las condiciones de identificación de la relación que pretende estimarse; y finalmente,
5. La elección del método econométrico más apropiado para la estimación.

### **1) Recolección de datos.**

Más que la técnica misma de recopilar datos para fines de esta nota, importa señalar los diferentes tipos de datos a los que puede tener acceso el investigador.

Series de tiempo: Información acerca del valor numérico de una variable a través del tiempo; por ejemplo la serie del PNB de las cuentas nacionales de un país en el período 1950 – 1985.

Datos de corte transversal en el tiempo: se refiere a los que el investigador puede recolectar mediante encuestas muestrales y están referidos a observaciones sobre unidades individuales en un momento del tiempo; por ejemplo: ingresos y gastos en alimentos para un conjunto de familiares en un mes determinado.

Datos técnicos: información relacionada con los modos de producción. Expresan requerimientos técnicos de los métodos productivos.

Datos institucionales: información deducida o “estimada” a partir de las normas institucionales o legales. Un caso muy ilustrativo de cómo es posible “estimar” información institucional es el siguiente: supongamos que al especificar un modelo macroeconómico entre sus ecuaciones existe una relación institucional que describe que los agentes económicos que reciben ingresos están obligados a pagar al gobierno una tasa que en promedio es de cinco por ciento. Entonces la función tributación de dicha economía sería:

$$T = 0.05 Y$$

Y bastaría conocer el nivel de ingreso del país (Y) para determinar el ingreso del gobierno (T).

Datos contruidos por el investigador.

Es el caso más común de “datos contruidos”, es el de la variable dummy. Son variables utilizadas para representar categorías de cualidad, tales como: sexo, edad, educación, religión, etc. La técnica para “construir” una variable dummy, es más o menos la siguiente: asignar el valor 1, para denotar la presencia de un atributo cualitativo que por suposición tiene un impacto sobre la variable dependiente y usar el valor 0 para denotar ausencia de ese atributo.

Así, por ejemplo, si quisiéramos estimar la demanda de helados utilizando datos de corte transversal, la variable sexo podría estar representada por una variable dummy. Asignaremos 1 cuando la muestra registre un consumidor hombre y el valor 0 cuando corresponda a una mujer. En este caso, si al ejecutar la estimación a la variable sexo le correspondiera un coeficiente positivo y significativamente distinto de cero; concluiremos que el sexo es una variable determinante de la demanda de helados.

Finalmente, antes de pasar a otro punto, diremos que algunas veces la estimación de una determinada relación hacen necesaria la mezcla de datos de distintos tipos, p. ej., un estudio que busque estudiar el impacto que tienen las variables sexo, educación, sobre el nivel del ingreso de los individuos. En este caso tendríamos una estimación que busca relacionar una variable cuantitativa (ingreso) con variables cualitativas (sexo, educación). En otro caso podríamos hacer concurrir en una sola relación, datos de corte transversal y de serie de tiempo. En ambas situaciones deberemos estar alerta para lograr una adecuada interpretación de los coeficientes estimados ya que, por ejemplo cuando combinamos series de tiempo y datos de corte transversal el significado de los estimadores será diferente que si se trabaja con datos de un mismo tipo.

## **2) Problemas de Agregación**

La estimación de modelos macroeconómicos siempre obliga a utilizar variables que expresan el comportamiento agregado de unidades individuales.

Toda agregación además de compleja es siempre fuente de sesgos y errores para las variables resultado.

Un error, o un sesgo en el mejor de los casos para la variable, significa una traslación de error a los estimadores. Por tanto, es muy útil que el investigador conozca por lo menos la fuente probable de errores que podrían tener sus estimadores.

Esto será posible si con minuciosidad averigua cuales son los tipos de agregación a que han sido sometidos las variables que usará como insumo en la estimación de sus modelo.

Los tipos de agregación más utilizados en la elaboración de variables son,

**Agregación sobre Individuos.**

La variable ingreso personal disponible es la suma de los ingresos individuales de los sujetos de una economía.

**Agregación sobre bienes.**

La variable producto bruto interno es la suma del valor de todos los bienes y servicios finales que se producen en una economía.

**Agregación sobre periodos de tiempo.**

Casi todos los proceso productivos siempre están concluidos en periodos menores de un año. Entonces si una variable está referida como siempre es usual; al período anual, el uso de esa variable en la estimación de un modelo introducirá un margen de error para los estimadores.

**Agregación espacial**

Cuando por ejemplo la variable producción es incorporada de un modelo macroeconómico, ella representa el resultado de la actividad económica de todas las regiones del país. Dicha agregación obviamente implicará siempre incorporar errores de toda naturaleza, y como ya indicamos, esa distorsión afectará la exactitud de las estimaciones.

Frente a tales problemas, una de las alternativas de solución sería que el investigador sea cuidadoso en la elección de las series para las variables. Hay siempre en la mayoría de las veces más de una serie para una misma variable;

p.ej., si nuestro interés es incorporar en un modelo la variable ingreso, podríamos elegir entre las series de PNB, PBI, YPD, que como sabemos tienen diferentes orígenes en su elaboración.<sup>2</sup>

### **3) Examen de Multicolinealidad**

Se define al problema de multicolinealidad, como la vigencia de un alto grado de correlación entre las variables explicativas de un modelo. La presencia de tal situación lleva a serios problemas de estimación de los parámetros; y en algún caso extremo, nos imposibilita obtener valores numéricos, para dichos coeficientes. Desde esta óptica, sería óptimo que las variables que usamos en el modelo como explicativas, no estuvieran correlacionadas; sin embargo, en la práctica lo más común es que todas las variables evolucionen simultáneamente mismo sentido. Así, por ej., si examináramos las series de PNB, exportaciones, inversión de cualquier economía, fácilmente evidenciaremos que todas ellas cambian en el mismo sentido durante un período dado.

Frente a tal situación... ¿qué hacer? Hay varios caminos para enfrentar el problema; los más conocidos, son:

- i) Uso de variables “proxis” para reemplazar a una de las explicativas que estuviera fuertemente correlacionada con otra.
- ii) Combinación de diferentes tipos de datos; combinar series de tiempo y datos de corte transversal.

Hay técnicas especiales, por supuesto, para tratar de atenuar el problema de estimación con datos colineales; más la revisión de estos métodos caen en el campo de un curso de econometría.

### **4) Examen de las Condiciones de Identificación de la Relación**

Podría parecer raro que habiendo especificado una función de demanda, en la etapa de estimación logremos una relación de oferta. A esa situación se llega cuando el investigador antes de conocer la tarea de estimación propiamente dicha, no ha constatado que la relación a estimar ha sido adecuadamente identificada.

---

<sup>2</sup> En nuestro medio, en cuanto a información estadística a nivel de la economía se refiere, existe una publicación reciente y bastante completa: “La información Macroeconómica en el Perú” de Torres Trujillo y La Torre Postigo. Ed. DESCO: Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo, 1982. Presenta de manera resumida las fuentes, conceptos y métodos utilizados por especialistas de cuentas nacionales para alcanzar, a partir de la información individual de los agentes económicos, las cifras agregadas para cada una de las variables que integran el Sistema de Cuentas Nacionales del país.

Ejemplifiquemos el caso para entender lo que en Econometría se denomina el problema de identificación.

Supongamos que deseamos estimar una relación de demanda para un bien, en un periodo en el cual tanto la variable ingreso como el resto de explicativas que afectan la demanda permanecen constantes. Frente a este caso especificaremos.

$$(4) \quad Q_t^d = Q(P, U) \quad \text{donde esperamos que según lo establecido por la teoría económica:}$$

$$\frac{\delta Q}{\delta P} < 0$$

Asumamos también que para dar contenido empírico a ese modelo, recurrimos a las series de tiempo de  $Q_t$  y  $P_t$ , siendo que  $Q_t$  observado en el mercado no es otra cosa que cantidad comprada y vendida a un determinado precio; hay ninguna seguridad que al ejecutar la estimación, capturemos para la pendiente de la relación propuesta, un valor positivo en lugar de un parámetro de signo negativo como es el que especificó en el modelo.

Lo anterior pone en evidencia que aún cuando la especificación planteada es teóricamente plausible, el uso de la misma para estimarla es inconveniente. El inconveniente de usarla como base de la estimación desaparece, si por ejemplo la reespecificamos como:

$$(5) \quad Q_t^d = Q(P_t, Y_t, U) \quad \text{donde } \frac{\delta Q}{\delta P} < 0, \frac{\delta Q}{\delta Y} > 0$$

donde  $Y_t$ , es una variable representa ingreso.

Dado que la variable adicionada en la reespecificación es una variable que sólo afecta a la demanda y no a la oferta, el problema de identificación de la relación está resuelto.

La regla de especificar una relación con por lo menos una variable que no afecte a otra relación, que se defina de la misma manera, y de esa forma resolver el problema de identificación de una relación, no es única; existen otras por las cuales se puede establecer la identificación de una relación.

El uso y manejo de tales reglas cae en el campo de la econometría y por tanto se revisan aquí.



## 5) Elección del Método Econométrico más Apropriado para la Estimación

El método econométrico es el medio por el cual podemos llegar a medir una relación económica; esto es, cuantificar el valor de sus parámetros. Cada una de estas técnicas tienen supuestos propios y también exigencias para las variables que usa como insumo.

Lo concreto es que para el investigador existe toda una gama de métodos; unos más apropiados para determinadas relaciones; otros con supuestos muy rígidos y sólo un número muy pequeño de ellos fáciles de operativizar en la práctica. El más conocido de estos últimos se denomina: Método de los mínimos cuadrados ordinarios.

El estudio de tales métodos corresponde a la econometría; aquí solamente nos limitaremos a agruparlos en dos en dos grandes categorías y también a indicar algunos criterios para elegir el más conveniente.

Método de estimación con ecuación única.

Todos son aplicables al propósito de estimar parámetros en un modelo de ecuación única; ellos son:

- MCO : Método de los mínimos cuadros ordinarios
- MCI : Método de los mínimos cuadros indirectos
- MC2E : Método de los mínimos cuadros bietápicos
- MMVIL : Método de máxima verosimilitud con información limitada.

Método de estimación para ecuaciones simultaneas

Como su nombre lo enuncia, son aplicables a la estimación de todos los parámetros de un modelo con muchas ecuaciones; los más conocidos son:

- MC3E : Método de lo mínimos cuadrados de tres etapas.
- MMVIC : Método de máxima verosimilitud con información completa.

Bajo ciertas condiciones MCI y MC2E también pueden ser usados en estimación simultánea. ¿Qué método econométrico elegir para la estimación? Hay una serie de factores que podrían ayudar a la elección; entre los más importantes están:

1. La Naturaleza de la Relación y sus Condiciones de Identificación.

El MCO, da resultado muy adecuado y de bajo costo en términos de operatividad en las relaciones económicas simples siempre que el problema de identificación esté resuelto.

Para modelos multiecuaciones debidamente identificados son apropiados MCI y MC2E

2. El propósito de la investigación

Si bien todo método puede conseguir su objetivo (cuantificar parámetros) no todos ellos logran parámetros con propiedades óptimas. Una de las propiedades, propiedades óptimas que se exige a los parámetros es por ejemplo que su varianza sea mínima. Tal exigencia de optimización tiene una razón de ser: cuando el propósito de estimar un modelo es el pronóstico la propiedad de varianza mínima para los parámetros es fundamental. No así cuando la finalidad de la estimación del modelo es análisis cualitativo donde lo que importa es el sentido de los cambios de una variable y no el valor alcanzado por el parámetro.

De los anteriores concluimos que es fundamentalmente el propósito final de la estimación que condiciona la elección del método econométrico a utilizar.

3. La simplicidad del método y los requerimientos de tiempo y costo.

Un método como el MCO, simple para operativizar, de bajo costo de computación y poco exigente en la calidad y cantidad de datos, siempre será preferido frente a otro que aunque más preciso es muy exigente en cuanto a sus supuestos por ejemplo. La decisión anterior será racional si es que tenemos en cuenta que el mas grave problema que debe resolver el investigador es la falta de datos y calidad en los mismos.

Finalmente, una recomendación útil, aunque siempre dejada de lado en la mayoría de las investigaciones: elegido el método deberá hacerse explícito los supuestos e implicancias del mismo. Como ya indicamos, esos supuestos se relacionan no sólo con la forma en la que se distribuye la variable aleatoria del modelo, variable del modelo.

La importancia de explicitar dichos supuestos, radica en que la tercera etapa de todo proceso de investigación (evaluación de los estimadores) justamente empieza con una serie de pruebas cuya finalidad es asegurarse que los supuestos del método econométrico no han sido violados, ya que de haberlo sido, los parámetros estimados serán irreales, falsos y por tanto inútiles para todo fin.

### **3ª etapa: Evaluación de los Estimadores**

La estimación de los parámetros de un modelo (como ya se indicó) es posible por la aplicación de un método estimación sobre un conjunto muestral de datos.

Por otro lado, cuando la segunda etapa de la investigación ha concluido, para cada uno de los parámetros se ha determinado un valor numérico. Ese valor numérico puede o no ser consistente con lo que la teoría económica, la estadística y la econometría esperan de ellos. Por tanto la tarea que sigue a la estimación, es la evaluación de tales estimadores.

De manera general, el objetivo de esa tercera etapa de la investigación es determinar cuan significativos y correctos son los estimadores que hemos conseguido en la segunda.

Los criterios para juzgar a los estimadores con los correspondientes a la:

- Teoría económica (criterio a priori);
- Estadística (criterio de 1º orden);
- Econometría (criterio de segundo orden)

Enseguida delineamos de manera específica cada uno de estos criterios e indicamos los aspectos más relevantes de los mismos.

#### **CRITERIO ECONÓMICO**

Puesto que la teoría económica en la etapa de especificación es la que determinó anticipadamente cual es el signo y tamaño que deban tener los parámetros del modelo, corresponden ahora contrastar si los resultados de la estimación cumplen con las restricciones impuestas por la teoría económica.

Así, si como ya está indicado, los parámetros son por definición propensiones, valores marginales, multiplicadores y dado que según la teoría económica cada uno de ellos debe tener un valor y un signo específico, la evaluación consiste en verificar si las categorías de signo y tamaño son los que la teoría exige.

Frente a tal examen sólo existe, como es lógico, dos alternativas:

- i) que los parámetros estimados tengan el tamaño y signo que la teoría señala;
- ii) que los estimadores para los parámetros no posean las características que la teoría espera.

Frente a la segunda alternativa, corresponde al investigador la tarea de esclarecimiento del por qué los signos y el tamaño no son los correctos. Línea de acción tal como,

investigación si los datos empíricos son deficientes; si la técnica de estimación elegida es la correcta; si la especificación establecida para el modelo es la adecuada, son más importantes de llevar a cabo que la acción de concluir que la teoría no funciona en la práctica. El rechazo de una teoría es posible, más una conclusión que apunte a tal afirmación sin la investigación consciente y responsable, no ayuda mucho al avance de la ciencia en ningún campo.

Por tanto, la actitud más adecuada frente a la segunda alternativa, será un replanteo del modelo especificado incorporando ahora:

- Un redefinido conjunto de variables explicativas;
- nuevas formas matemáticas para el modelo; o un número de ecuaciones diferentes para el mismo;
- una nueva técnica de estimación.

Sólo si después de realizar esta serie de esfuerzos, los criterios teóricos establecidos a priori no son satisfechos, recién tendríamos los elementos de juicio para concluir que la teoría necesita ser revisada. Pero aún en este caso, la investigación habrá cumplido su finalidad, en razón que el investigador después de este esfuerzo, está capacitado para delinear los aspectos débiles de una teoría y por tanto proponer su revisión.

Es muy difundido el hecho de que a base de tales replanteamientos de la teoría, la investigación cuantitativa ha aportado invalorable sugerencias para que la teoría económica pueda reformular la teoría de la inversión por ejemplo.

### CRITERIO ESTADÍSTICO

Evaluar las estimaciones siguiendo el criterio estadístico, es someter a los parámetros estimados a una serie de test o exámenes para determinar su grado confiabilidad o certeza. Como su nombre lo indica, este criterio deriva de la aplicación de las reglas o procedimientos derivados de la teoría de las pruebas de hipótesis que corresponden a la inferencia estadística, para determinar cuan significativos y confiables son los estimadores logrados a partir de una muestra de observaciones para las variables.

Si bien los enfoques para derivar tales reglas son de los más variados, la investigación aplicada ha centrado todos estos exámenes en el uso del siguiente:.

(i) Test prueba de hipótesis en el enfoque de las prueba de significancia <sup>3</sup>, el que de manera general representa un procedimiento mediante el cual se utilizan los resultados de la muestra para verificar la veracidad o falsedad de una hipótesis nula parámetro probando cae en la región crítica en este caso la hipótesis nula. Así se dice que un parámetro es estadísticamente significativo si el valor del parámetro que se está probando cae en la región crítica. En este caso la hipótesis nula se rechaza.

(ii) La otra prueba o test que se usa en este criterio es la prueba o test de la bondad de ajuste de un modelo estimado a través del concepto del coeficiente determinación ( $R^2$ ). Como es conocido  $R^2$  tiene un valor comprendido entre 0 y 1; por tanto si dentro de la estimación este indicador alcanzará un valor cercano a uno, ello indicaría que el modelo especificado explica en gran medida el fenómeno estudiado.

De manera exacta y precisa  $R^2$  nos indica la proporción o porcentaje de variación total en la variable dependiente que ha sido explicada por los cambios de las variables explicativas del modelo.

El manejo de tales reglas de evaluación estadística no son de naturaleza mecánica; no hace sentido es esta tarea de evaluación, determinar si dentro de un modelo el conjunto de parámetros es estadísticamente satisfactoria recurriendo a la prueba en sí. Las pruebas deben hacerse a la luz del criterio básico de evaluación que es criterio económico, y desde otro punto de vista, es necesario tener presente el contexto del mundo donde se ha sido recogida la información del modelo.

Lo anterior apunta a señalar que no tienen sentido aceptar como parámetros adecuados, aquellos que en la prueba de significancia y ajuste se comportaron como parámetros óptimos si por ejemplo ellos no poseen ni el signo ni el tamaño que la teoría exige.

Finalmente, aclaramos que la denominación de test de primer orden para el criterio estadístico radica en el hecho de que para evaluar a los estimadores en el criterio econométrico, necesariamente deben haber satisfecho las exigencias del criterio estadístico.

## CRITERIO ECONOMÉTRICO

Como ya se ha señalado, el instrumento de la cuantificación de una relación económica, esto es el método econométrico, ha sido elaborado en base a una serie de supuestos respecto a la variable aleatoria y a las variables observables del modelo. Justamente la

---

<sup>3</sup> El manejo pormenorizado de los test de hipótesis debe ser consultado en cualquier texto de inferencia estd.

evaluación de este campo corresponde a determinar si todo esos supuestos se han cumplido de manera satisfactoria. Dado que cada método de estimación se basa en supuestos particulares y específicos al mismo, no es posible abarcar de manera general mediante un solo test o un grupo de ellos toda la evaluación econométrica. Sin embargo, hay por lo menos un supuesto general a la mayoría de los métodos y este es el que aproximadamente dice lo siguiente.

“La variable aleatoria se postula como una variable no observable cuyos valores no están correlacionados; esto es, se asume que no existe autocorrelación y específicamente para datos de serie de tiempo se supone la no existencia, de correlación serial para la perturbación.”

Así, si el supuesto anterior fuera violado, una consecuencia sería obtener estimadores cuyas características más relevantes son la insesgidez, la falta de consistencia y eficiencia. Luego, para tratar de detectar estos defectos en los estimadores, es necesario ejecutar uno de los test como el que por ejemplo DURBIN WATSON ha sugerido para el problema econométrico de autocorrelación.

Como ya se indicó, en esta evaluación los tipos de test están estrechamente unidos a los supuestos específicos de cada método. Por tanto, lo que es general, es la exigencia de examinar cuidadosamente la validez de tales supuestos en la aplicación específica de que se trate.

Finalmente, la aclaración correspondiente apelativo test de segundo orden para el criterio econométrico; se llama así, porque el examen econométrico se constituye un test sobre el test estadístico. Esto significa que si por medio de un test estadístico. Esto significa que si por medio de un test estadístico (test de 1° orden) se puede determinar la insesgabilidad de un parámetro (propiedad de estar contratado alrededor de su verdadero valor poblacional) el objetivo del test de segundo orden será para determinar si esos parámetros además de insesgados poseen otras propiedades mas exigentes tales como por ejemplo, varianza mínima.

Para concluir la revisión de esta etapa de la investigación creemos de utilidad remarcar la idea siguiente: si bien dentro de la etapa de evaluación, didácticamente hay que distinguir tres criterios, ninguno en particular puede sustraer importancia a los otros, ya que a fin de cuentas no existen resultados adecuados a la teoría económica pero

inapropiados desde el punto de vista estadístico; los únicos resultados que cuentan son aquellos que son apropiados para entender el fenómeno económico de manera total.

Otra idea que igual que la anterior merece por su trascendencia igual insistencia, es la de que cuando la evaluación no da resultados satisfactorios, la solución no detener el proceso de investigación, sino al contrario es momento de reimpulsarlo reespecificando el modelo, introduciendo variables que antes se omitieron, transformando variables, cambiando las formas matemáticas para las relaciones para ser nuevamente reestimadas; ya que es sólo en este proceso de realimentación ciencia se desarrolla.

#### **4ª Etapa : Evaluación de la Capacidad Predictiva del Modelo**

Uno de los propósitos más inmediatos de toda investigación econométrica es la de previsión o pronóstico.

En un sentido estricto, la previsión puede ser entendida como la capacidad que un modelo debe poseer para obtener los valores numéricos de sus variables explicadas en un espacio fuera de la muestra.

Esto es lo que se llama previsión cuantitativa de un modelo. Sin embargo, la previsión no es de tipo único; existe otra que se refiere sólo al aspecto cualitativo de las variables, más propiamente la que a base de los parámetros estimados nos permite anticipar el cambio que experimentarían las variables dependientes o variables explicadas.

Por otro lado, la capacidad de previsión de un modelo, no es inherente a todos los modelos estimados.

Dicho de otro modo, es posible que aun cuando un modelo correcto desde el punto de vista de los criterios económicos, estadístico y econométrico, no por ello está garantizada su capacidad de previsión.

La explicación más simple para dicho hecho pudiera ser, p. ej., que dado que todo modelo se estima en base a una muestra o período muestral, el resultado de nuestras estimaciones sólo sirve para describir lo que pasa en el espacio muestral, mas no lo que sucede fuera de él. Razones tales, como cambios violentos en los parámetros estructurales de la relación en el mundo real, explicarían porque no todos los modelos pueden lograr un desempeño óptimo en las tareas de previsión

Para concluir este punto, reafirmamos, cuando hablamos de capacidad predictiva de un modelo, no referimos a su desempeño para anticipar los valores y/o cambios experimentarían sus variables explicadas mas allá del espacio muestral

Por otro lado, dicha capacidad no es inherente a todos los modelos estimados, y lo que más, dicha capacidad no es inherente a todos los modelos estimado, y lo que más, dicha capacidad es independiente de los resultados obtenidos en los test aplicados a los estimadores en la tercera etapa de la investigación.

Existen diferentes formas para establecer establecer la capacidad predictiva de un modelo; sin embargo, dos son las más simples y también las más utilizadas

1. La primera consiste en comparar el valor estimado previsto ( $Y_P$ ) valor observado o realizado de variable en el mundo real, como es obvio debería existir una diferencia entre esos dos valores esto es:

$$(6) \quad \Delta = Y_R - Y_P;$$

donde  $\Delta \neq 0$

por otro lado, en la práctica es casi imposible obtener una medida de  $Y_R$  sin interferencia de varios factores perturbadores. Así por ejemplo, cuando trabajamos en la realidad no medimos ni observamos  $Y_R$  si no más bien:

$$(7) Y_R + u$$

donde  $u$ , es una variable aleatoria que mide el efecto de esos factores perturbadores que se dan al observar la realidad y que comúnmente recibe el nombre de error de medida.

El razonamiento anterior nos lleva a modificar la expresión (6) que inicialmente definimos como diferencia entre lo observado y lo previsto, de tal manera que:

$$(8) \Delta = Y_R + u - Y_P$$

o lo que es lo mismo:

$$(9) \Delta = Y_R - Y_P + u$$

si como dijimos,  $u$ , es una variable aleatoria de distribución  $f(u)$ , será posible la construcción de una prueba significancia estadística<sup>4</sup> para la diferencia que existe entre los valores observado y previsto. Si al ejecutar el test, encontramos que la diferencia entre el valor previsto no es estadísticamente significativo, concluiremos que la capacidad predictiva es aceptable; de lo contrario la conclusión será que el modelo no tiene capacidad para prever fuera de la muestra.

---

<sup>4</sup> El test de significancia estadística más acostumbrado para estos casos, es un simple test "t".



2. La segunda forma de establecer la capacidad de predicción de un modelo consiste en reestimar el modelo una muestra de mayor; esto es, incluyendo observaciones adicionales. Si el modelo posee capacidad predictiva adecuada, los parámetros del modelo reestimado no deberían ser sensibles a los cambios de tamaño de la muestra. Este cambio un modelo con poca capacidad para prever, será aquel cuyos parámetros son muy sensibles a la adición o sustracción del número de observaciones muestrales.

Finalmente una pregunta cuya respuesta tiene relevancia frente a un modelo estimado con escasa capacidad predictiva

### **¿Puede mejorarse la capacidad predictiva de un modelo?**

#### **¿Cómo hacerlo?**

la respuesta respecto a la segunda pregunta, es: investigar las fuentes de error en la previsión; ellas son de las más variadas, pero las más significativas, son:

- i) error de medida en las variables explicativas del modelo.
- ii) inadecuada utilización del método de estimación; esto es, violación de los supuestos del método respecto a la variable aleatoria y también a las deficiencias de los datos para cumplir supuestos rígidos del mismo.
- iii) condiciones estructurales cambiantes en la realidad, después de recolectar la muestra o seleccionar el espacio muestral.

Detectada la fuente de error de previsión es posible utilizar métodos correctivos para mejorar la capacidad predictiva de un modelo. Así, si la fuente es (i), deberá utilizarse métodos apropiados de estimación que justamente han sido creados para esos fines. El método más popular y simple para estos casos es el método de estimación con variables instrumentales (ii), los métodos correctivos son los que corresponden a la resolución de un problema econométrico concreto, tal como autocorrelación, multicolinealidad, heterocedasticidad, etc.

Finalmente, si el origen del error fuente (iii) la recomendación más efectiva es reestimar el modelo en información más reciente y en todo caso aceptar que la previsión no puede ser también ambiciosa y mucho menos de precisión exagerada.

## BIBLIOGRAFÍA

- AZNAR GRASA, A. "Planificación y Modelos Econométricos"  
Colección Quantum. Ed. Pirámide (1979).
- DAGUM, CAMILO. "Metodología y Crítica Económica"  
Selección de Camilo Dagum. FCE. México 1979
- DUTTA, ALONSO. "Métodos Econométricos". South-Western  
Publishing. Co. 1982
- GUJARATI, DAMUDAR "Econometría Básica" Mc. Graw Hill  
Latinoamericana, 1981
- KOUSOYIANNIS, A. "Theory of Econometrics" Second Edition, the  
Mac Millan Press Ltda. 1979
- KLEIN, L.R. "Técnicas de construcción de modelo para  
economías en vías de desarrollo" Comercio  
Exterior. Vol. 25 No. 11, México. Nov. 1975
- WYNN, R.F. Y HOLDEN, K. "An Introduction to applied econometrics analysis".  
The Mac Millan Press Ltda. 1979.