

## CAPÍTULO 1

# Introducción

### 1.1. ¿Qué es la econometría?

La relación de la econometría con la economía es, en sentido amplio, similar a la de la biometría con la biología, la psicometría con la psicología o la sociometría con la sociología. Todas estas disciplinas tratan de la medición de determinados fenómenos o procesos mediante métodos estadísticos. El diccionario de la lengua española define **econometría** (de economía y metría) como *parte de la ciencia económica que aplica las técnicas matemáticas y estadísticas a las teorías económicas para su verificación y para la solución de los problemas económicos mediante modelos*, y **económetra** como *persona que profesa la econometría o tiene en ella especiales conocimientos*.

El origen de la econometría puede fijarse en diciembre de 1930, cuando un grupo de economistas, matemáticos y estadísticos crean la Sociedad Econométrica para el avance de la teoría económica en su relación con las matemáticas y la estadística (Econometrica vol. 1, 1933). Los objetivos de esta sociedad indican claramente el propósito de la econometría: confrontar teoría económica y realidad.

Tintner (*The definition of Econometrics*, Econometrica 1953) abordó el problema de definir la econometría recopilando las definiciones propuestas y concluyendo que el término econometría debería restringirse a las investigaciones que usan economía, matemáticas y estadística, siendo una disciplina diferente de la economía matemática (que no es empírica y no usa las matemáticas) y de la estadística económica (que no usa las matemáticas). Esta definición de econometría, que enfatiza la relevancia de las matemáticas, estadística y economía, es posiblemente la más repetida en los libros de texto de introducción a la econometría, pero no es una definición generalmente aceptada.

Los importantes desarrollos de esta disciplina desde 1960, impulsados por el aumento de la potencia de cálculo computacional y las mejoras en las fuentes estadísticas, han dado lugar a diferentes ramificaciones que han incrementado el disenso en la definición de econometría. Esto ha llevado a algunos autores a adoptar la definición simplista *econometría es lo que hacen los económetras*, posiblemente adaptada de *ciencia es lo que hacen los científicos*. ¿Y qué hacen los económetras? La respuesta a esta pregunta constituye el principal propósito de la **metodología de la econometría**, que es la parte de la filosofía de la ciencia que se ocupa de la descripción de las contribuciones de la econometría a la ciencia económica. Simplificando podemos decir que algunos económetras se dedican al desarrollo de métodos econométricos (**econometría teórica**) y otros al arte de construir y usar modelos econométricos (**econometría aplicada**). Los métodos econométricos son la caja de herramientas del económetra que contiene modelos econométricos, métodos de estimación, contrastes de hipótesis y técnicas de predicción y simulación. La descripción de este instrumental constituye el objetivo principal de este curso.

## 1.2. Relaciones entre variables

La ley más famosa en economía es la ley de la demanda, que postula una relación entre dos variables: *la demanda de un bien aumenta (disminuye) cuando su precio disminuye (aumenta)*. Se trata de una proposición causa-efecto: si aumenta el precio, entonces la cantidad demandada disminuye. Su expresión matemática es  $Q = f(P)$  con  $dQ/dP < 0$ , donde  $Q$  es la cantidad,  $P$  es el precio y  $dQ/dP$  es la derivada de  $Q$  respecto de  $P$ . Hay infinitas expresiones analíticas para representar la relación entre dos variables. Por desgracia, la teoría económica no especifica la forma funcional de la ley de demanda. Algunos ejemplos son:

1.  $Q = \beta_1 + \beta_2 P, \quad \beta_2 < 0$
2.  $Q = \beta_1 P^{\beta_2}, \quad \beta_2 < 0$
3.  $Q = e^{\beta_1 + \beta_2 P}, \quad \beta_2 < 0$
4.  $Q = \beta_1 + \beta_2 \log P, \quad \beta_2 < 0$

La primera expresión es la ecuación lineal de primer grado o ecuación de la recta, en donde  $\beta_1$  es la ordenada o término independiente y  $\beta_2$  es la pendiente. La ecuación de la recta es la **forma general** de relación lineal entre dos variables (ecuación lineal de primer grado). La relación se dice lineal porque la derivada  $dQ/dP$  no depende de  $P$ . En una una recta, la ordenada  $\beta_1$  indica el valor de la variable dependiente cuando la variable independiente se fija en cero, mientras que la pendiente mide la inclinación de la recta, en otras palabras, el cambio de la variable dependiente ante un cambio unitario de la variable independiente.

La segunda ecuación es un ejemplo particular de relación no lineal: la derivada  $dQ/dP = \beta_1 \beta_2 P^{\beta_2 - 1}$  depende de  $P$ . Para interpretar los coeficientes  $\beta_1$  y  $\beta_2$  es conveniente aplicar logaritmos. De este modo obtenemos la relación logarítmica  $\log Q = \log \beta_1 + \beta_2 \log P$ . Ahora, la ordenada mide la cantidad demandada cuando el precio es unitario ( $\beta_1 = Q$  cuando  $P = 1$ ), mientras que la pendiente es la elasticidad punto de la demanda o cambio porcentual en la cantidad demandada ante un cambio porcentual del precio  $\beta_2 = dQ/dP \times P/Q$ . Definiendo  $Q' = \beta_1' + \beta_2 P'$ , en donde  $Q' = \log Q$ ,  $P' = \log P$  y  $\beta_1' = \log \beta_1$ , tenemos una relación lineal entre  $Q'$  y  $P'$ ,  $dQ'/dP' = \beta_2$ .

La tercera ecuación puede escribirse como  $\log Q = \beta_1 + \beta_2 P$ , que es una ecuación semi-logarítmica. Aquí,  $e^{\beta_1}$  es la cantidad demandada cuando el precio es cero, y  $\beta = dQ/dP \times 1/Q$  mide el cambio porcentual en  $Q$  ante un cambio unitario en  $P$ . Análogamente, en la cuarta ecuación,  $\beta_2 = dQ/dP \times P$  es la respuesta de  $Q$  ante un cambio porcentual en  $P$  (Nota: la derivada de  $\log(f(x))$  respecto de  $x$  es  $f'(x)/x$ ).

La figura 1 muestra la representación gráfica de estas cuatro relaciones.

## 1.3. Tipos de datos

Los datos que observamos en economía son de tres tipos: datos de sección cruzada, datos de series temporales y datos de panel.

Las observaciones sobre distintas unidades (alumnos, consumidores, empresas, regiones, países, etc) en un instante del tiempo se denominan **datos de sección cruzada**. Algunos ejemplos son la lista de calificaciones de la asignatura de econometría en la convocatoria de junio o las acciones del IBEX-35 el 2 de octubre de 2007 a las 12:49. El

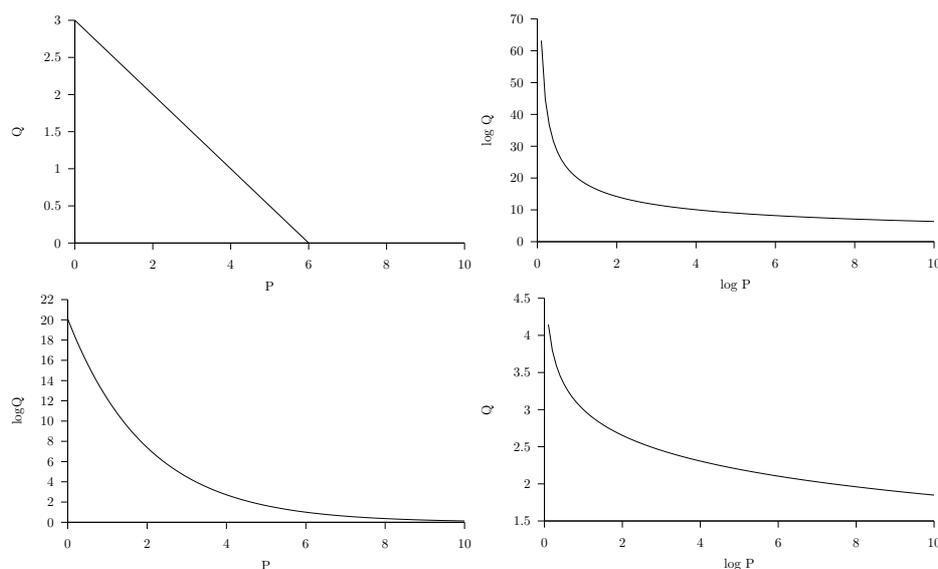


Figura 1: Relaciones entre Q y P

cuadro (1) contiene observaciones de las Pernoctaciones en Hoteles para las provincias españolas en el mes de agosto de 2007.

Almería	803.483	LasPalmas	2.832.700	CiudadReal	75.268	Coruña	532.377
Cádiz	1.144.699	Tenerife	2.369.813	Cuenca	76.308	Lugo	148.021
Córdoba	154.033	Cantabria	523.608	Guadalajara	49.612	Ourense	76.625
Granada	525.191	Avila	75.713	Toledo	117.500	Pontevedra	616.747
Huelva	645.834	Burgos	151.295	Barcelona	2.649.561	Madrid	1.280.764
Jaén	120.225	León	174.961	Girona	2.234.637	Murcia	380.557
Málaga	2.369.599	Palencia	57.374	Lleida	301.363	Navarra	185.013
Sevilla	351.378	Salamanca	198.982	Tarragona	1.642.591	Alava	58.996
Huesca	291.977	Segovia	86.661	Alicante	1.987.678	Guipúzcoa	219.103
Teruel	111.624	Soria	57.222	Castellón	596.875	Vizcaya	209.980
Zaragoza	199.033	Valladolid	87.830	Valencia	728.563	Rioja	107.888
Asturias	626.575	Zamora	57.067	Badajoz	98.455	Ceuta	14.962
Baleares	9.502.303	Albacete	75.045	Cáceres	124.947	Melilla	15.330

Cuadro 1: Pernoctaciones por provincias, agosto 2007

Los **datos de series temporales** son observaciones sobre una unidad en distintos instantes del tiempo. A diferencia de los datos de sección cruzada, los datos de series temporales tienen una ordenación natural y presentan inercia, es decir, el conocimiento del pasado ayuda a predecir el futuro. El Banco de España ([www.bde.es](http://www.bde.es)), el Instituto Nacional de Estadística ([www.ine.es](http://www.ine.es)), el Instituto Cántabro de Estadística ([www.icane.es](http://www.icane.es)), así como otras institutos nacionales e internacionales, publican periódicamente datos de numerosos indicadores económicos. Por ejemplo, el INE publica mensualmente el Índice de Precios al Consumo y el Índice de Producción Industrial; trimestralmente, la Encuesta de la Población Activa y la Contabilidad Nacional Trimestral; y anualmente, la Contabilidad Nacional. La figura 2 muestra el gráfico temporal de la serie mensual ingresos por turismo. No hay que ser un econométra experto para dibujar la trayectoria que previsiblemente seguirá la serie durante 2007.

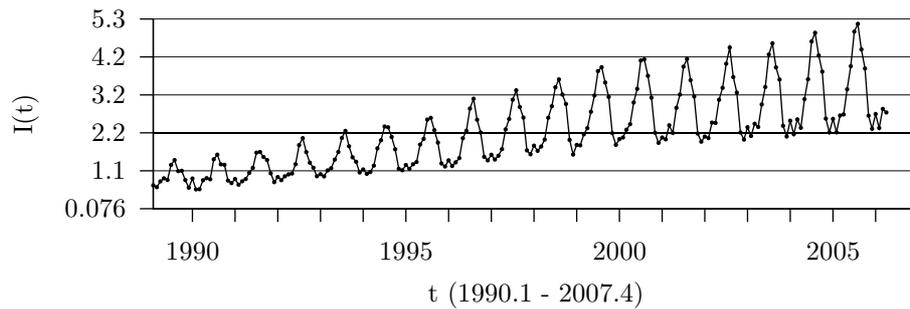


Figura 2: Ingresos por turismo en España (millones de euros )

Los **datos de panel** o datos longitudinales combinan datos de sección cruzada y series temporales, recogiendo, por tanto, observaciones sobre distintas unidades en dos o más instantes del tiempo. El panel se dice equilibrado si para cada unidad sectorial se dispone del mismo número de observaciones temporales. En caso contrario, el panel es desequilibrado. Ejemplos relevantes son el Panel de Hogares de la Unión Europea (PHOGUE), que permite seguir en el tiempo los mismos hogares (700.000), estudiar lo que cambia en sus vidas cuando las condiciones y las políticas socioeconómicas se modifican, y cómo reaccionan a estos cambios; así como la Central de Balances del Banco de España, que recopila y mantiene información económico-financiera sobre la actividad de las empresas no financieras españolas.

La peculiaridad de estos tres tipos de datos ha estimulado el desarrollo de métodos econométricos específicos para su análisis, entre los que cabe destacar los modelos de elección discreta, modelos de series temporales y modelos de datos de panel.

Estos tres tipos de datos se conocen como datos observacionales para distinguirlos de los datos experimentales procedentes de experimentos diseñados en laboratorios bajo condiciones controladas. Por ejemplo, los físicos pueden medir con precisión la relación entre el tiempo y la distancia de caída de un cuerpo, repitiendo repetidas veces el mismo experimento. Por desgracia, en economía no es posible analizar un fenómeno económico real de esta forma.

#### 1.4. Modelos econométricos

Un modelo y, en particular, un modelo económico es una representación simplificada de un fenómeno del mundo real, que nos permite comprender situaciones complejas y hacer predicciones. Por ejemplo, la ley de la demanda es una simplificación de la realidad económica porque supone que la demanda depende sólo del precio. Podríamos argumentar que es posible aumentar el modelo considerando la renta del consumidor y los precios de los bienes sustitutivos, pero aún así seguiremos haciendo una simplificación porque la lista de variables que pueden influir en la demanda es interminable.

La cuestión que se plantea es si debemos utilizar modelos simples que incluyen pocas variables o modelos complejos que contengan todas las variables posibles. Algunos científicos son partidarios de comenzar con un modelo simple y progresivamente construir modelos más complejos; otros, en cambio, prefieren seguir el camino inverso: partir de un modelo general y simplificarlo progresivamente hasta alcanzar un modelo simple.

Los modelos económicos, simples o complejos, pueden expresarse como modelos verbales, gráficos o matemáticos. En econometría, nos interesan los modelos matemáticos con una expresión analítica específica, por ejemplo,

$$Q = \beta_1 + \beta_2 P$$

Esta ecuación establece una relación exacta entre las variables  $Q$  y  $P$ . Así, si usamos este modelo económico para explicar la demanda de tomates en una muestra de 100 consumidores, este modelo predice que todos los consumidores demandan la misma cantidad de tomates cuando se enfrentan al mismo precio. Sin embargo, parece razonable pensar que algunos consumidores compraran más tomates que otros. Esta fuente de variación se introduce en el modelo añadiendo un término de error aleatorio o perturbación estocástica

$$(1.1) \quad Q_i = \beta_1 + \beta_2 P_i + e_i, \quad i = 1, \dots, 100$$

Ahora dos consumidores que se enfrentan al mismo precio, pueden demandar una cantidad diferente de tomates. La ecuación (1.1) es un ejemplo de un modelo econométrico, en concreto, se trata de un modelo de regresión lineal simple. La representación gráfica de la muestra de 100 observaciones, junto con la línea recta más próxima a la nube de puntos, se presenta en la figura (3).

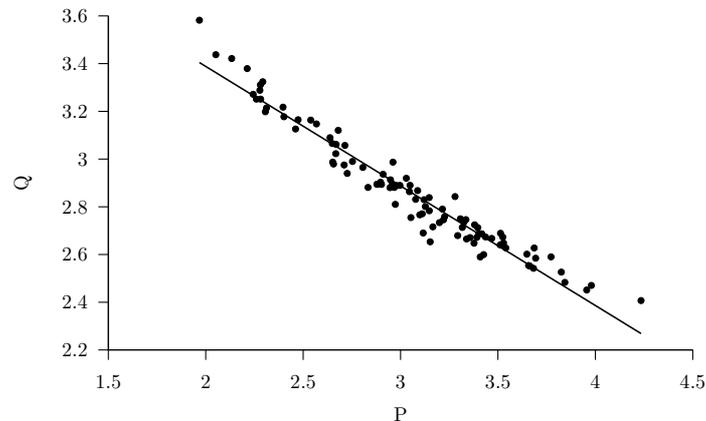


Figura 3: Diagrama de dispersión entre la demanda y el precio de los tomates

La inclusión del término de error en el modelo econométrico se justifica por varias razones:

1. recoge el efecto neto de una larga lista de variables omitidas que influyen en la variable dependiente, la mayoría de las cuales no son observables,
2. captura los errores en la especificación de la forma funcional,
3. incluye errores en la medición de las variables del modelo,
4. contiene otros efectos aleatorios impredecibles.

### 1.5. La construcción de un modelo econométrico

El método científico se compone de preguntas, teorías, observaciones, datos, hipótesis y contrastes que se cambian usando tres principios básicos:

1. empirismo o uso de la evidencia empírica,

2. racionalismo o uso del pensamiento lógico,
3. escepticismo o uso del pensamiento crítico.

Estos componentes y principios justifican la construcción de un modelo econométrico siguiendo las siguientes etapas:

1. Motivación. La construcción de un modelo no es un fin en sí mismo, sino un medio de responder a una pregunta de interés. Un proyecto de econometría debe tener un propósito claro.
2. Especificación. La formulación econométrica de la teoría económica relevante y el tipo de datos a usar, que definen el modelo econométrico, dependen del propósito de nuestro proyecto. La habilidad y el buen juicio para especificar el mejor modelo se conoce como el arte de la econometría.
3. Estimación. Consiste en el uso eficiente de los datos para asignar valores numéricos a los parámetros del modelo. Antes de la estimación, deberíamos tener una idea sobre el signo y tamaño de los parámetros.
4. Validación. Es la diagnosis o crítica constructiva del modelo para detectar errores de especificación y proponer, en su caso, direcciones de mejora. La evaluación se basa tanto en el sentido común (criterios económicos) como en contrastes estadísticos. Por ejemplo, el modelo de la demanda no debería arrojar predicciones de la demanda negativas.
5. Uso. El modelo adecuado se usa para predicción y control (análisis de políticas alternativas).

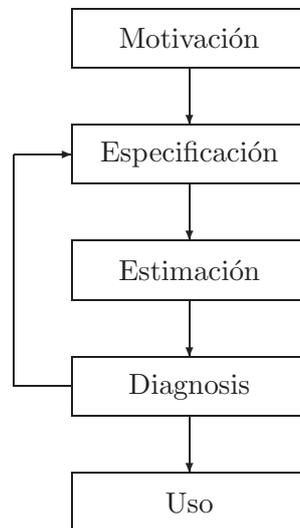


Figura 4: Etapas del análisis econométrico

Un modelo que no supera las pruebas de diagnosis se considera inadecuado. En este caso, se propone una reespecificación del mismo y se vuelve a la etapa 2. Se inicia así un proceso iterativo en las etapas de especificación-estimación-validación que finaliza cuando se alcanza un modelo satisfactorio. El diagrama de flujo mostrado en la figura 4 resume el procedimiento iterativo seguido en la construcción de un modelo econométrico.

Durante los años 50 y 60 los econométricos dedicaron especial atención al desarrollo de métodos alternativos de estimación, ignorando la evaluación del modelo econométrico.

La situación cambió en los decenios siguientes, cuando se reconoció la necesidad de desarrollar contrastes de especificación.

### 1.6. El modelo lineal general

DEFINICIÓN 1. *El modelo de regresión lineal general es una relación estadística uniecuacional en la que una variable dependiente se expresa como una función lineal de una o varias variables independientes más un término de error aleatorio.*

El modelo de regresión lineal general o, simplemente, modelo lineal general puede escribirse como

$$(1.2) \quad Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \cdots + \beta_k X_{ki} + u_i, \quad i = 1, \dots, n$$

en donde

$Y_i$ : es la observación  $i$ -ésima de la variable dependiente  $Y$ , también llamada regresando,

$X_{2i}, \dots, X_{ki}$ : son las observaciones  $i$ -ésimas de las variables explicativas  $X_2, \dots, X_k$ , denominadas frecuentemente variables independientes o regresores,

$\beta_1$ : es el término constante,

$\beta_2, \dots, \beta_k$ : son los parámetros asociados a las variables explicativas, que se denominan coeficientes de regresión,

$u_i$ : es el término de error aleatorio, también llamado perturbación estocástica, asociado a la observación  $i$ -ésima,

$n$ : es el número de observaciones, y  $k$  es el número de parámetros.

*Observación 1. El término constante  $\beta_1$  puede escribirse como  $\beta_1 X_{1i}$ , en donde  $X_{1i} = 1$  para  $i = 1, \dots, n$ .*

La ecuación (1.2) puede también escribirse como

$$(1.3) \quad Y_i = \mathbf{x}'_i \boldsymbol{\beta} + u_i, \quad i = 1, \dots, n$$

en donde  $\mathbf{x}_i = (1 \ X_{2i} \ \dots \ X_{ki})'$  es un vector columna de dimensión  $k \times 1$  que contiene la observación  $i$ -ésima de las variables explicativas ( $i = 1, \dots, n$ ), y  $\boldsymbol{\beta} = (\beta_1 \ \beta_2 \ \dots \ \beta_k)'$  es un vector columna de dimensión  $k \times 1$  que contiene los parámetros del modelo. De modo que, el producto escalar de los vectores  $\mathbf{x}_i$  y  $\boldsymbol{\beta}$  es

$$\mathbf{x}'_i \boldsymbol{\beta} = \begin{pmatrix} 1 & X_{2i} & \dots & X_{ki} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{pmatrix} = \beta_1 + X_{2i}\beta_2 + \cdots + X_{ki}\beta_k = \sum_{j=1}^k X_{ji}\beta_j$$

La notación  $i = 1, \dots, n$  en (1.2) y (1.3) es una forma abreviada de escribir el conjunto de ecuaciones

$$\left. \begin{array}{l} Y_1 = \beta_1 + \beta_2 X_{21} + \cdots + \beta_k X_{k1} + u_1 \\ Y_2 = \beta_1 + \beta_2 X_{22} + \cdots + \beta_k X_{k2} + u_2 \\ \vdots \\ Y_n = \beta_1 + \beta_2 X_{2n} + \cdots + \beta_k X_{kn} + u_n \end{array} \right\}$$

que puede escribirse en forma matricial como

$$\begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & X_{21} & \dots & X_{k1} \\ 1 & X_{22} & \dots & X_{k2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{2n} & \dots & X_{kn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{pmatrix}$$

o bien

$$(1.4) \quad \mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{u}$$

en donde

$$\mathbf{y} = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix}, \quad \mathbf{X} = \begin{pmatrix} 1 & X_{21} & \dots & X_{k1} \\ 1 & X_{22} & \dots & X_{k2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{2n} & \dots & X_{kn} \end{pmatrix}, \quad \boldsymbol{\beta} = \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{pmatrix}, \quad \mathbf{u} = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{pmatrix}.$$

En resumen, el modelo lineal general puede escribirse de tres formas equivalentes:

1.  $Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + u_i, \quad i = 1, \dots, n$
2.  $Y_i = \mathbf{x}'_i \boldsymbol{\beta} + u_i, \quad i = 1, \dots, n$
3.  $\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{u}$

Los términos de la expresión “regresión lineal general” tienen el siguiente significado:

**Regresión:** Este término fue introducido por Francis Galton en su trabajo *Regression towards Mediocrity in Hereditary Stature* (1886). Encontró que padres más altos que la media tendían a tener hijos que eran más bajos que ellos; mientras que padres más bajos que la media tendían a tener hijos más altos que ellos. Regresión o reversión era el proceso de volver a la media. El término regresión se usa ahora con otro sentido, que por el momento asociaremos con la relación entre dos o más variables.

**Lineal:** La ecuación (1.2) es lineal en los parámetros y el término de error. Así, el modelo de regresión

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 \frac{1}{X_{2i}} + u_i$$

es lineal en los parámetros, mientras que

$$Y_i = \beta_1 + \frac{1}{\beta_2} X_{2i} + u_i \quad \text{e} \quad Y_i = \beta_1 X_{2i}^{\beta_2} + u_i$$

son ejemplos de modelos no lineales.

**General:** Este término indica que la ecuación (1.2) contiene como casos especiales al modelo de regresión lineal simple  $k = 2$ ,

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + u_i$$

y al modelo de regresión lineal múltiple  $k > 2$ .

En cuanto a los términos de la expresión “relación estadística uniecuacional”,

**Relación uniecuacional:** indica que una única variable dependiente viene determinada por una o más variables explicativas.

**Relación estadística:** significa que la relación incluye un error aleatorio. En una relación determinista podemos explicar exactamente y sin error los valores de la variable dependiente.

### 1.7. Resumen

1. La teoría económica postula relaciones entre variables económicas, sin especificar formas funcionales.
2. Los datos económicos que pueden usarse para cuantificar relaciones económicas son de tres tipos: datos de sección cruzada, de series temporales, y de panel.
3. Un modelo econométrico es una relación estocástica entre variables económicas, caracterizada por una forma funcional y un término de error aleatorio.
4. El término de error recoge la variación de la variable dependiente que no es explicada por las variables independientes.
5. El modelo lineal general es el modelo econométrico más usado en la cuantificación y verificación de las relaciones económicas.
6. Los principales usos de un modelo econométrico son la contrastación de relaciones económicas, la predicción y el control.

### Palabras clave

Econometría teórica y aplicada	Datos de panel
Relación entre variables	Métodos econométricos
Proposición causa-efecto (si-entonces)	Modelos econométricos
Relación lineal	Perturbación estocástica
Datos de sección cruzada	Modelo lineal general
Datos de series temporales	Construcción modelos econométricos

### Ejercicios propuestos

1. Defina econometría teórica y econometría aplicada.
2. ¿Qué papel juega el término de error en un modelo econométrico?
3. En la regresión de la demanda de tomates sobre el precio, ¿qué uso hace la econometría de la economía, las matemáticas y la estadística?
4. Explique las etapas en la construcción de un modelo econométrico. Represente estas en un diagrama de flujo.
5. Clasifique los siguientes modelos en las clases de modelos lineales, modelos no lineales y modelos intrínsecamente lineales (linealizables).
  - a)  $Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_4 X_{2i} X_{3i} + u_i \quad i = 1, \dots, n$
  - b)  $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + u_i \quad i = 1, \dots, n$
  - c)  $Y_i = \beta_1 X_{2i}^{\beta_2} X_{3i}^{\beta_3} e^{u_i} \quad i = 1, \dots, n$
  - d)  $Y_i = \frac{1}{\beta_1 + \beta_2 X_i + u_i} \quad i = 1, \dots, n$
  - e)  $Y_i = \beta_1 + \beta_2 [1 - e^{\beta_3 X_i}] + u_i \quad i = 1, \dots, n$
  - f)  $Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i^{\beta_3} + u_i \quad i = 1, \dots, n$
  - g)  $Y_t = \beta_1 + \beta_2 \cos(2\pi t/12) + \beta_3 \sin(2\pi t/12) + u_t \quad t = 1, \dots, n$
  - h)  $Y_t = \frac{\beta_1}{1 + e^{\beta_2 + \beta_3 t}} + u_t \quad t = 1, \dots, n$
6. Interprete la pendiente  $\beta_2$  en las siguientes ecuaciones de regresión lineal simple
  - a)  $Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i + U_i$

- b)  $\log Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i + U_i$
- c)  $Y_i = \beta_1 + \beta_2 \log X_i + U_i$
- d)  $\log Y_i = \beta_1 + \beta_2 \log X_i + U_i$
- e)  $Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i^2 + U_i$
- f)  $Y_i = \beta_1 + \beta_2 \frac{1}{X_i} + U_i$

Por ejemplo, en la ecuación (1),  $\beta_2$  mide el cambio unitario en  $Y_i$  ante un cambio unitario en  $X_i$ .

7. En su opinión, ¿qué mala práctica en la investigación econométrica ridiculiza el siguiente chascarrillo?

*Un matemático, un estadístico y un econométra hacen la misma entrevista de trabajo. El entrevistador llama al matemático y le pregunta: ¿cuánto es dos más dos? El matemático responde: cuatro. El entrevistador le pregunta: ¿exactamente cuatro? El matemático lo mira incrédulamente y dice: sí, exactamente cuatro. Después llama al estadístico y le hace la misma pregunta: ¿cuánto es dos más dos mas dos? El estadístico dice que en media son cuatro, más menos el cinco por ciento de error, pero en media son cuatro. Finalmente llama al econométra y le plantea la misma pregunta: ¿cuánto es dos más dos? El econométra se levanta, cierra la puerta, baja las persianas, se sienta al lado del entrevistador y le dice: ¿qué resultado te interesa?*