

En el capítulo 1 se presenta el campo de acción de la econometría y los problemas generales que surgen al aplicar los métodos econométricos. En la sección 1.3 se examinan los tipos de bases de datos que se emplean en los negocios, la economía y en otras ciencias sociales. En la sección 1.4 se presenta un análisis intuitivo sobre las dificultades relacionadas con la inferencia de la causalidad en las ciencias sociales.

1.1 ¿Qué es la econometría?

Imagine que el gobierno lo contrata para evaluar la efectividad de un **programa de capacitación para el trabajo financiado con fondos públicos**. Suponga que se trata de un programa para instruir a los trabajadores sobre diversas maneras de utilizar las computadoras en los procesos de fabricación. Este programa, de veinte semanas, ofrece cursos en horarios fuera de la jornada laboral. Cualquier trabajador de la industria puede participar e inscribirse de manera voluntaria a todo el programa o a una parte de él. Usted tiene que determinar si este programa de capacitación laboral tiene algún efecto sobre los posteriores salarios por hora de los trabajadores.

Ahora, suponga que trabaja para la banca de inversión. Tiene que estudiar el **rendimiento de varias estrategias de inversión a corto plazo en certificados o letras del tesoro de Estados Unidos** para probar si se cumplen las teorías económicas implicadas. A primera vista, la tarea de responder a estas preguntas puede parecer desalentadora. Por ahora, puede que de lo único que tenga una vaga idea sea del tipo de datos que debe recolectar. Al finalizar el curso de econometría usted sabrá emplear los métodos econométricos para evaluar, de manera formal, un programa de capacitación laboral o para probar una teoría económica sencilla.

La econometría se basa en el desarrollo de métodos estadísticos que se utilizan para estimar relaciones económicas, probar teorías económicas y evaluar e implementar políticas públicas y de negocios. La aplicación más común de la econometría es en el pronóstico de variables macroeconómicas tan importantes como las tasas de interés, de inflación y el producto interno bruto. Si bien el pronóstico de indicadores económicos es un tema muy conocido y al que se le suele dar mucha publicidad, los métodos econométricos también se emplean en áreas de la economía que no están relacionadas con la elaboración de pronósticos macroeconómicos. Por ejemplo, se estudiarán los efectos de los gastos de campaña política sobre los resultados de las votaciones. En el campo de la educación, se considerará el efecto que tiene el gasto público en escuelas sobre el desempeño de los estudiantes. Además, se aprenderá a emplear los métodos econométricos para pronosticar series de tiempo económicas.

La econometría se ha convertido en una disciplina independiente de la estadística matemática por ocuparse de la recolección y análisis de datos económicos no experimentales. **Datos no experimentales** son datos sobre individuos, empresas o segmentos de la economía que no son obtenidos por medio de experimentos controlados. (A los datos no experimentales en ocasiones también se les llama datos retrospectivos o datos ob-

¹ Tomado de Jeffrey M. Wooldridge - [Introducción a la econometría. Un enfoque moderno](#). 4a. edición, 2009, Capítulo 1.

servacionales, para subrayar el hecho de que el investigador es recolector pasivo de los datos.) En las ciencias naturales los **datos experimentales** suelen ser obtenidos en el laboratorio, pero en las ciencias sociales son mucho más difíciles de obtener. Aunque es posible idear experimentos sociales, suele ser imposible, prohibitivamente caro o moralmente indeseable realizar la clase de experimentos controlados que serían necesarios para abordar problemas económicos. En la sección 1.4 se dan ejemplos concretos de la diferencia entre datos experimentales y datos no experimentales.

Como es natural, los econométricos han tomado prestado de la estadística matemática todo lo que les ha sido posible. El método del análisis de regresión múltiple es un pilar fundamental en ambos campos, pero su enfoque e interpretación pueden ser notablemente diferentes. Además, los economistas han ideado nuevas técnicas para lidiar con la complejidad de los datos económicos y para probar las predicciones de las teorías económicas.



Jeffrey Marc Wooldridge
[Website at Michigan Univ.](#)

1.2 Pasos en un análisis económico empírico

Los métodos econométricos tienen importancia en casi todas las ramas de la economía aplicada. Se emplean cuando se desea probar una teoría económica o cuando se piensa en una relación que tiene alguna importancia para decisiones de negocios o para el análisis de políticas. En un análisis empírico se utilizan datos para probar teorías o estimar relaciones.

¿Cómo se procede para estructurar un análisis económico empírico? Aunque parezca obvio, vale la pena subrayar que el primer paso en cualquier análisis empírico es la cuidadosa formulación de la pregunta de interés, la cual puede estar relacionada con la prueba de un aspecto determinado de una teoría económica o puede ser adecuada para probar los efectos de una política pública. En principio, los métodos econométricos se pueden emplear para responder a una gama muy amplia de interrogantes.

En algunos casos, en especial en aquellos relacionados con la prueba de teorías económicas, se construye un **modelo económico formal**, el cual consiste en ecuaciones matemáticas que describen diversas relaciones. Los economistas son conocidos por construir modelos para la descripción de una gran variedad de comportamientos. Por ejemplo, en microeconomía intermedia, las decisiones de consumo de un individuo, sujetas a una restricción de presupuesto, se describen mediante modelos matemáticos. La premisa básica que subyace a estos modelos es *la maximización de la utilidad*. El supuesto de que al hacer una elección los individuos, sujetos a restricciones de recursos, eligen aquello que maximice su bienestar, proporciona un sólido marco para la elaboración de modelos económicos manejables y de predicciones claras. En el contexto de las decisiones de consumo, la maximización de la utilidad conduce a un conjunto de *ecuaciones de demanda*. En una ecuación de demanda, la cantidad demandada de cada artículo depende de su precio, del precio de los bienes sustitutos y complementarios, del ingreso del consumidor y de características individuales que influyen en las preferencias.

Los economistas también han empleado herramientas económicas básicas, como la maximización de la utilidad, para explicar comportamientos que a primera vista pueden no parecer de carácter económico. Un ejemplo clásico es el modelo económico del comportamiento delictivo de Becker.²

Ejemplo 1.1 Modelo económico del comportamiento delictivo

En un artículo extraordinario el premio Nobel, Gary Becker, postuló un marco de maximización de la utilidad para describir la participación de una persona en un acto delictivo. Ciertos delitos tienen claras recompensas económicas, pero la mayoría de las conductas delictivas tienen costos. El costo de oportunidad del delito evita que el delincuente desarrolle otras actividades, por ejemplo, desempeñar un empleo legal. Además, hay costos como la posibilidad de ser atrapado y, en caso de ser declarado culpable, el costo del encarcelamiento. Desde la perspectiva de Becker, la decisión de emprender una actividad ilegal es una decisión de asignación de recursos tomando en cuenta los beneficios y los costos de actividades en competencia.

Bajo supuestos generales, es posible deducir una ecuación que describa el tiempo invertido en una actividad delictiva en función de diversos factores. Esta función se puede representar como

$$[1.1] \quad y = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7),$$

donde

- y = horas invertidas en actividades delictivas,
- x_1 = “salario” por cada hora invertida en la actividad delictiva,
- x_2 = salario por hora en un empleo legal,
- x_3 = otro ingreso que no provenga ni de la delincuencia ni del empleo,
- x_4 = probabilidad de ser atrapado,
- x_5 = probabilidad de ser declarado culpable una vez que haya sido atrapado,
- x_6 = pena prevista si es declarado culpable y
- x_7 = edad.

En general, también influyen otros factores en la decisión de una persona para participar en una actividad delictiva, pero la lista anterior es representativa de los que pueden resultar de un análisis económico formal. Como es usual en la teoría económica, no se ha sido específico acerca de la función $f(\cdot)$ de (1.1). Ésta depende de una función subyacente de utilidad que rara vez se conoce. No obstante, la teoría económica —o introspección— puede emplearse para predecir el efecto que tendrá cada variable en la actividad delictiva. Esta es la base para un análisis econométrico de la actividad delictiva de un individuo.

Algunas veces, el modelado económico formal es el punto de partida del análisis empírico, pero es más común el empleo de teorías económicas menos formales o incluso apoyarse por completo en la intuición. El lector estará de acuerdo en que los determinantes del comportamiento delictivo que se muestran en la ecuación (1.1) están basados

² Gary Becker, *Crime and Punishment, An Economic Analysis*, *Journal of Political Economy*, 1968; incluido en G. Becker and W. Landes, ed., *Essays in the Economics of Crime and Punishment*, National Bureau of Economic Research, 1974.

en el sentido común; podría haberse llegado de manera directa a esta ecuación, sin necesidad de partir de la maximización de la utilidad. Esta perspectiva también tiene su valor, aunque hay casos en los que una deducción formal hace más claro lo que para la intuición puede pasar inadvertido.

El siguiente es un ejemplo de una ecuación que puede deducirse mediante un razonamiento menos formal.

Ejemplo 1.2 Capacitación laboral y productividad de los trabajadores

Considérese el problema planteado al comienzo de la sección 1.1. Un economista laboral desea examinar los efectos de la capacitación sobre la productividad de los trabajadores. En este caso no se necesita una teoría económica formal. Una comprensión básica de la economía es suficiente para advertir que factores tales como la educación, la experiencia y la capacitación laboral afectan la productividad de los trabajadores. Además, los economistas saben que a los trabajadores se les paga en razón de su productividad. Este sencillo razonamiento lleva a un modelo como el siguiente:

$$[1.2] \quad \text{salario} = f(\text{educ}, \text{exper}, \text{capacitación}),$$

donde

salario = salario por hora,
educ = años de escolaridad formal,
exper = años de experiencia laboral, y
capacitación = semanas de capacitación laboral.

De nuevo hay otros factores que influyen sobre la tasa salarial, pero la ecuación (1.2) encierra la esencia del problema. Una vez precisado el modelo económico, es necesario transformarlo en lo que se llama un modelo econométrico. Dado que a lo largo de este libro trataremos con modelos econométricos, es importante saber cómo se relaciona un modelo econométrico con un modelo económico. Como ejemplo se tomará la ecuación (1.1). Antes de poder emprender un análisis econométrico debe especificarse la forma de la función $f(\cdot)$. Otro problema relacionado con (1.1) es qué hacer con las variables que no pueden ser observadas de manera razonable. Por ejemplo, consideren el salario que puede ganar una persona mediante una actividad delictiva. En principio, esa es una cantidad bien definida, pero sería muy difícil, si no imposible, precisar cuál es esta cantidad para un determinado individuo. Incluso variables como la probabilidad de ser detenido no pueden ser evaluadas de manera realista para un individuo determinado, pero se puede tomar nota de las estadísticas de detenciones y deducir una variable que aproxime la probabilidad de ser detenido. Hay, además, muchos otros factores que influyen en el comportamiento delictivo y que no es posible enumerar, y mucho menos precisar, pero que de alguna manera deben ser tomados en cuenta.

Las ambigüedades inherentes al modelo económico de la actividad delictiva se resuelven especificando un modelo econométrico:

$$[1.3] \quad \text{actdelic} = \beta_0 + \beta_1 \text{salario}_m + \beta_2 \text{otringr} + \beta_3 \text{frecdet} + \beta_4 \text{frecculp} + \\ + \beta_5 \text{promsent} + \beta_6 \text{edad} + u$$

donde

$actdelic$ = una medida de la frecuencia de la actividad delictiva,
 $salario_m$ = salario que puede ganar en el empleo legal,
 $otringr$ = ingresos provenientes de otras fuentes (activos, herencias, etcétera),
 $frecdet$ = frecuencia de las detenciones por delitos anteriores (para aproximar la probabilidad de ser detenido),
 $frecculp$ = frecuencia de ser declarado culpable y
 $promsent$ = duración promedio de la sentencia.

La elección de estas variables es determinada tanto por la teoría económica como por consideraciones acerca de los datos. El término u comprende factores no precisados, como el salario obtenido por la actividad delictiva, costumbres morales, antecedentes familiares y errores en las mediciones de factores como la actividad delictiva y la probabilidad de ser detenido. Aunque pueden agregarse al modelo variables de antecedentes familiares, tales como cantidad de hermanos, educación de los padres, etc., u no puede eliminarse por completo. ***En efecto, cómo tratar este término de error o de perturbación es quizás el componente más importante de todo análisis econométrico.***

Las constantes $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_6$ son los **parámetros** del modelo econométrico y describen dirección y fuerza de la relación entre la actividad delictiva y cada uno de los factores empleados para determinar la **actividad delictiva** en el modelo.

Un modelo econométrico completo para el ejemplo 1.2, puede ser

$$[1.4] \quad \text{salario} = \beta_0 + \beta_1 \text{educ} + \beta_2 \text{exper} + \beta_3 \text{capacitación} + u,$$

donde el término u comprende factores como “habilidades innatas”, calidad de la educación, antecedentes familiares y otros innumerables factores que influyen en el salario de una persona. Si lo que interesa en concreto es la capacitación laboral, entonces el parámetro de interés es β_3 .

La mayoría de las veces, un análisis econométrico inicia con la especificación de un modelo econométrico sin atender a los detalles de la creación del modelo. Aquí, en general, se seguirá este método debido, en gran parte, a que ***una deducción cuidadosa de un modelo, como el modelo económico de la actividad delictiva, toma mucho tiempo y puede llevar a áreas especializadas, y a menudo complicadas, de la teoría económica.*** En los ejemplos presentados en este libro, el razonamiento económico será importante, y toda teoría económica subyacente se incorporará en las especificaciones del modelo econométrico. En el ejemplo del modelo económico para la actividad delictiva se empezará con un modelo econométrico como el (1.3) y se usarán el razonamiento económico y el sentido común como guías para la elección de las variables. A pesar de que con este método se pierde algo de la riqueza del análisis económico, suele ser un modelo empleado de manera frecuente y efectiva por investigadores meticulosos.

Una vez que se ha especificado un modelo econométrico como el (1.3) o el (1.4), pueden plantearse diversas hipótesis en relación con los parámetros desconocidos. Por ejemplo, en la ecuación (1.3), se puede plantear la hipótesis de que $salario_m$, el salario que puede obtenerse en un empleo legal, no tenga efecto alguno sobre el comportamiento delictivo. En el contexto de este modelo econométrico particular, esta hipótesis es equivalente a $\beta_1 = 0$.

Por definición, en un análisis empírico se necesitan datos. Una vez recolectados los datos sobre las variables relevantes, se emplean los métodos econométricos para estimar los parámetros del modelo econométrico y para probar, formalmente, las hipótesis de interés. En algunos casos, el modelo econométrico se emplea para hacer predicciones, ya sea al probar una teoría o al estudiar el impacto de alguna política.

Dada la gran importancia de la recolección de datos en el trabajo empírico, en la sección 1.3 se describe el tipo de datos que suelen encontrarse.

1.3 Estructura de los datos económicos

Las bases de datos económicos pueden ser de diversos tipos. Aunque algunos métodos econométricos pueden ser empleados, con alguna o ninguna pequeña modificación, para distintos tipos de bases de datos, las características especiales de algunas bases de datos deben ser tomadas en cuenta y aprovecharse. A continuación se describen las estructuras de datos que suelen encontrarse.

Datos de corte transversal

Una **base de datos de corte transversal** consiste en una muestra de individuos, hogares, empresas, ciudades, estados, países u otras unidades, tomada en algún punto dado en el tiempo. Algunas veces no todos los datos de estas unidades corresponden exactamente a un mismo momento. Por ejemplo, puede ser que, un conjunto de familias sea entrevistado durante diferentes semanas de un año. *En un análisis de corte transversal puro, diferencias menores de tiempo en la recolección de los datos son ignoradas.* Aun cuando un conjunto de familias haya sido entrevistado en semanas distintas de un mismo año, se considerará como una base de datos de corte transversal.

Una característica importante de los datos de corte transversal es que a menudo puede suponerse que han sido obtenidos de la población subyacente mediante un **muestreo aleatorio**. Por ejemplo, si se obtiene información sobre salarios, educación, experiencia y otras características tomando de manera aleatoria 500 personas de la población trabajadora, entonces se tiene una muestra aleatoria de la población de todos los trabajadores. El muestreo aleatorio es el esquema de muestreo que se estudia en los cursos introductorios de estadística y simplifica el análisis de datos de corte transversal. En el apéndice C se encuentra un repaso del muestreo aleatorio.

Algunas veces, el muestro aleatorio no es una premisa apropiada para analizar datos de corte transversal. Por ejemplo, suponga que se desea analizar los factores que intervienen en la acumulación del patrimonio familiar. Se puede entrevistar a un conjunto de familias de una muestra aleatoria, pero algunas de ellas se rehusarán a informar sobre su riqueza. Si, por ejemplo, las familias más acaudaladas están menos dispuestas a revelar su nivel de riqueza, entonces la muestra obtenida sobre el patrimonio no es una muestra aleatoria de la población de todas las familias. Esto ilustra un problema de **selección de la muestra**, tema avanzado que se verá en el capítulo 17.

Otra violación al muestreo aleatorio ocurre cuando se muestrea de unidades que son grandes con relación a la población, en especial de unidades geográficas. El problema potencial en estos casos es que la población no es tan grande para suponer que las observaciones muestreadas sean independientes. Por ejemplo, si se desea explicar el surgimiento de nueva actividad comercial en los estados, en función de las tasas salariales,

los precios de los energéticos, las tasas de impuestos empresariales y prediales, los servicios disponibles, la calidad de la fuerza de trabajo y otras características del estado, es poco probable que las actividades comerciales de estados contiguos sean independientes entre sí. Sin embargo, los métodos econométricos que se estudiarán aquí sí funcionan en estas situaciones, aunque algunas veces deben ser afinados. En general, la complejidad que resulta al analizar tales situaciones será ignorada y estos problemas se tratarán en el marco de un muestreo aleatorio, aun cuando esto no sea técnicamente correcto.

Los datos de corte transversal son muy empleados en economía y en otras ciencias sociales. En economía, el análisis de datos de corte transversal está relacionado de manera estrecha con los campos de la microeconomía aplicada, por ejemplo, economía laboral, finanzas públicas locales y estatales, organización industrial, economía urbana, demografía y economía de la salud. Datos sobre individuos, hogares, empresas y ciudades en un punto dado del tiempo son importantes para probar hipótesis microeconómicas y para evaluar políticas económicas.

Los datos de corte transversal que se emplean en el análisis econométrico pueden representarse y almacenarse en una computadora. La tabla 1.1 contiene, en forma resumida, una base de datos de corte transversal de 526 trabajadores correspondientes a 1976. (Este es un subconjunto de los datos en el archivo WAGE1.RAW.) Las variables son *wage* (salario en dólares por hora), *educ* (años de escolaridad), *exper* (años de experiencia laboral), *female* (mujer, un indicador del género), y *married* (casado, estado marital). Estas dos últimas variables son de carácter binario (cero-uno) y se usan para indicar características cualitativas de la persona (es mujer o no; está casada o no). En el capítulo 7 y posteriores se verá más acerca de las variables binarias.

En la tabla 1.1, la variable *obsno* es el número de observación asignado a cada persona de la muestra. A diferencia de las otras variables, ésta no es una característica de la persona. Todos los paquetes de software para econometría o para estadística asignan un número de observación a cada dato. La intuición indica que en datos como los de la tabla 1.1 no importa qué persona sea catalogada como la observación 1, qué persona sea la observación 2, etc. ***El hecho de que el orden de los datos no importe es una característica clave del análisis econométrico de bases de datos de corte transversal.***

Algunas veces, en datos de corte transversal las distintas variables corresponden a periodos diferentes. Por ejemplo, para determinar los efectos de las políticas públicas sobre el crecimiento económico de largo plazo, los economistas han estudiado la relación entre el crecimiento del producto interno bruto (PIB) real per cápita a lo largo de cierto periodo (por ejemplo, 1960 a 1985) y variables determinadas, en parte, por las políticas públicas de 1960 (consumo del gobierno como porcentaje del PIB y tasa de educación secundaria en adultos). Esta base de datos puede representarse como en la tabla 1.2, que es una parte de la base de datos empleada en un estudio sobre tasa de crecimiento realizado por De Long y Summers.³

³ J. Bradford De Long and Lawrence Summers, *Equipment Investment and Economic Growth*, 1991.

Base de datos de corte transversal sobre salarios
y otras características de los individuos

obsno	salario (wage)	educ	exper	mujer (female)	casado (married)
1	3.10	11	2	1	0
2	3.24	12	22	1	1
3	3.00	11	2	0	0
4	6.00	8	44	0	1
5	5.30	12	7	0	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
525	11.56	16	5	0	1
526	3.50	14	5	1	0

Tabla 1.1

Base de datos sobre tasas de crecimiento económico
y características de un país

obsno	país	cpibrpc	govcons60	second60
1	Argentina	0.89	9	32
2	Austria	3.32	16	50
3	Bélgica	2.56	13	69
4	Bolivia	1.24	18	12
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
61	Zimbabwe	2.30	17	6

Tabla 1.2

La variable *cpibrpc* representa el crecimiento promedio del PIB real per cápita a lo largo del periodo 1960 a 1985. El hecho de que *govcons60* (consumo del gobierno como porcentaje del PIB) y *second60* (porcentaje de población adulta con educación secundaria) correspondan al año 1960, mientras que *cpibrpc* sea el promedio del crecimiento a lo largo del periodo de 1960 a 1985, no crea ningún problema para considerar esta información como una base de datos de corte transversal. Las observaciones se presentan por país en orden alfabético, lo cual no afecta ningún análisis posterior.

Datos de series de tiempo

Una **base de datos de series de tiempo** consiste de las observaciones de una o varias variables a lo largo del tiempo. Ejemplos de datos de series de tiempo son los precios de acciones, la cantidad de dinero en circulación, el índice de precios al consumidor, el producto interno bruto, la tasa anual de homicidios y las cifras de venta de automóviles. Debido a que los eventos pasados pueden influir sobre los eventos futuros y los comportamientos rezagados son frecuentes en las ciencias sociales, el tiempo es una dimensión importante en las bases de datos de series de tiempo. A diferencia de los datos de corte transversal, en una serie de tiempo el orden cronológico de las observaciones proporciona información potencialmente importante.

Una característica fundamental de los datos de series de tiempo, que las hace más difíciles de analizar que los datos de corte transversal, es que rara vez, si acaso, puede suponerse que las observaciones económicas sean independientes en el tiempo. La mayor parte de las series de tiempo económicas y otras series de tiempo están relacionadas, a menudo fuertemente, con sus historias recientes. Por ejemplo, saber algo sobre el producto interno bruto del último trimestre dice mucho acerca del rango probable del PIB durante este trimestre, debido a que el PIB tiende a permanecer bastante estable de un trimestre a otro. Aunque la mayor parte de los procedimientos econométricos pueden usarse tanto con datos de corte transversal como con datos de series de tiempo, la especificación de modelos econométricos para datos de series de tiempo requiere un poco más de trabajo para que se justifique el uso de los métodos econométricos estándar. Además, se han desarrollado modificaciones y embellecimientos de las técnicas econométricas estándar para tomar en cuenta y aprovechar el carácter dependiente de las series de tiempo económicas y para considerar otras cuestiones, como el hecho de que algunas variables económicas tiendan a mostrar una clara tendencia en el tiempo.

Otra característica de las series de tiempo que puede requerir atención especial es la **periodicidad de los datos**, la frecuencia con que éstos se recolectan. En economía, las frecuencias más comunes son diarias, semanales, mensuales, trimestrales y anuales. Así, por ejemplo, los precios de las acciones se publican cada día (con excepción de sábados y domingos); la cantidad de dinero en circulación se publica de manera semanal; muchas series macroeconómicas se registran cada mes, incluidas las tasas de inflación y de desempleo. Otras series macroeconómicas se registran con menos frecuencia, por ejemplo, cada tres meses (o cada trimestre). El producto interno bruto es un ejemplo importante de una serie trimestral. Otras series de tiempo, como la tasa de mortalidad infantil en Estados Unidos, sólo están disponibles anualmente.

Muchas series de tiempo económicas semanales, mensuales o trimestrales muestran un fuerte patrón estacional, que puede ser un factor importante en el análisis de una serie de tiempo. Por ejemplo, los datos mensuales sobre la construcción de vivienda varían con los meses, debido simplemente a la variación de las condiciones climatológicas. En el capítulo 10 se verá cómo trabajar con series de tiempo estacionales.

La tabla 1.3 contiene una base de datos de series de tiempo tomada de un artículo de Castillo-Freeman y Freeman sobre los efectos del salario mínimo en Puerto Rico.⁴ En

⁴ Alida J. Castillo-Freeman and Richard B. Freeman, *When the Minimum Wage Really Bites: The Effect of the U. S. -Level Minimum on Puerto Rico*, 1992.

esta base de datos el año más antiguo, corresponde a la primera observación y el año más disponible corresponde a la última. Al emplear métodos econométricos para analizar datos de series de tiempo, los datos deben almacenarse en orden cronológico.

obsno	año	prommin	coverprom	desempl	PNB
1	1950	0.20	20.1	15.4	878.7
2	1951	0.21	20.7	16.0	925.0
3	1952	0.23	22.6	14.8	1015.9
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
37	1986	3.35	58.1	18.9	4281.6
38	1987	3.35	58.2	16.8	4496.7

Tabla 1.3

La variable *prommin* se refiere al salario mínimo promedio de ese año, *coverprom* es la tasa promedio de cobertura (el porcentaje de los trabajadores protegidos por la ley del salario mínimo), *desempl* es la tasa de desempleo y *PNB* es el producto nacional bruto. Estos datos se emplearán más adelante al analizar el efecto del salario mínimo sobre el desempleo.

Combinación de cortes transversales

Algunas bases de datos tienen características tanto de corte transversal como de series de tiempo. Por ejemplo, supongan que en Estados Unidos se realizan dos encuestas de corte transversal a los hogares, una en 1985 y otra en 1990. En 1985 se encuesta a los hogares de una muestra aleatoria acerca de variables como ingreso, ahorro, tamaño de la familia, etc. En 1990 se toma otra muestra aleatoria de hogares usando las preguntas de la encuesta anterior. Para tener un tamaño mayor de la muestra se pueden combinar los cortes transversales juntando los dos años.

Las observaciones 1 a 250 corresponden a casas vendidas en 1993 y de la 251 a 520 a las 270 casas vendidas en 1995. Aunque el orden en que se almacenen los datos no resulta crucial, conservar el registro del año de cada observación suele ser muy importante. A esto se debe que en esta tabla se ingrese año como una variable aparte.

Una combinación de corte transversal se analiza de manera muy parecida a como se analizan los datos de corte transversal, salvo que suelen tomarse en cuenta las diferencias que presentan las variables con el tiempo. En efecto, además de que se incrementa el tamaño de la muestra, lo importante en el análisis de combinaciones de cortes transversales es observar cómo ha cambiado con el tiempo una relación clave.

Combinación de cortes transversales: precios de la vivienda en dos años diferentes

obsno	año	preciov	improov	piescuadr	recs	baños
1	1993	85 500	42	1600	3	2.0
2	1993	67 300	36	1440	3	2.5
3	1993	134 000	38	2000	4	2.5
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
250	1993	243 600	41	2600	4	3.0
251	1995	65 000	16	1250	2	1.0
252	1995	182 400	20	2200	4	2.0
253	1995	97 500	15	1540	3	2.0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
520	1995	57 200	16	1100	2	1.5

Tabla 1.4

Datos de panel o longitudinales

Un conjunto de *datos de panel (o datos longitudinales)* consiste en una serie de tiempo por cada unidad de una base de datos de corte transversal. Por ejemplo, suponga que a lo largo de diez años se registran los datos de salario, educación y empleo de un conjunto de personas; o que durante cinco años se recolecte información sobre inversiones y datos financieros de un mismo conjunto de empresas. Datos de panel también pueden recolectarse sobre unidades geográficas. Por ejemplo, de un conjunto de condados de Estados Unidos pueden recolectarse los datos sobre el flujo de migrantes, tasas de impuestos, tasas salariales, gasto del gobierno, etc., de los años 1980, 1985 y 1990.

La característica fundamental de los datos de panel, que los distingue de las combinaciones de cortes transversales, es que durante un intervalo de tiempo se vigilan las mismas unidades (personas, empresas o condados, en los ejemplos precedentes) de un corte transversal. Los datos de la tabla 1.4 no se pueden considerar como una base de datos de panel debido a que es muy probable que las casas vendidas en 1993 sean diferentes de las vendidas en 1995, y aunque haya algunas que se encuentren en los dos años, esta cantidad puede ser demasiado pequeña para tener importancia. En cambio, la tabla 1.5 contiene una base de datos de panel sobre actividad delictiva y estadísticos relacionados de 150 ciudades de Estados Unidos en dos años diferentes.

En dicha tabla hay varios aspectos interesantes. Primero, a cada ciudad se le ha dado un número del 1 al 150. Es irrelevante a qué ciudad se la considera la número 1, la 2, etc. Como ocurre con los datos de corte transversal puro, el orden en el corte transver-

sal de un conjunto de datos de panel no tiene importancia. También podrían haberse usado los nombres de las ciudades, en lugar de los números, pero suele ser útil tener los dos.

obsno	ciudad	año	homicidios	población	desempl	policía
1	1	1986	5	350 000	8.7	440
2	1	1990	8	359 200	7.2	471
3	2	1986	2	64 300	5.4	75
4	2	1990	1	65 100	5.5	75
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
297	149	1986	10	260 700	9.6	286
298	149	1990	6	245 000	9.8	334
299	150	1986	25	543 000	4.3	520
300	150	1990	32	546 200	5.2	493

Tabla 1.5

Un segundo punto es que los datos de los dos años de la ciudad 1 son los dos primeros renglones u observaciones. Las observaciones 3 y 4 corresponden a la ciudad 2 y así sucesivamente. Como para cada una de las 150 ciudades se tienen dos filas de datos, cualquier software considerará que se tienen 300 observaciones. Esta base de datos puede tratarse como una combinación de cortes transversales, en la que da la casualidad de que las mismas ciudades aparecen en cada uno de los años. Pero, como se verá en los capítulos 13 y 14, la estructura de panel también puede usarse para analizar cuestiones a las que no se puede responder si este conjunto de datos se ve como una simple combinación de cortes transversales.

En la tabla 1.5, los datos de los dos años se colocan en filas contiguas, ubicando en todos los casos el primer año antes del segundo. Para casi cualquier fin práctico, esta es la manera que se prefiere para ordenar bases de datos de panel. Compárese la organización de estos datos con la manera en la que se han dispuesto los datos en la tabla 1.4. En pocas palabras, la razón para ordenar los datos como en la tabla 1.5 es que se necesitará realizar transformaciones para cada ciudad a lo largo de los dos años.

Dado que en los datos de panel se requiere que las unidades sean las mismas a lo largo del tiempo, las bases de datos de panel, en especial si son de personas, hogares o empresas, son más difíciles de obtener que las combinaciones de cortes transversales. Es comprensible que observar las mismas unidades a lo largo del tiempo tenga diversas ventajas sobre los datos de corte transversal o aun sobre combinaciones de cortes transversales. La ventaja de importancia en este libro es que tener varias observaciones

de las mismas unidades permite controlar determinadas características no observadas de las personas, empresas, etc. Como se verá, el uso de más de una observación suele facilitar la inferencia causal en situaciones en las que inferir causalidad sería muy difícil si se contara sólo con un corte transversal. La segunda ventaja de los datos de panel es que permiten estudiar la importancia de desfases de conducta o los resultados de la toma de decisiones. Esta información puede ser significativa debido a que el impacto de muchas políticas económicas sólo puede esperarse después de pasado algún tiempo.

Muchos de los libros que no son para niveles de maestría o doctorado no contienen métodos econométricos para datos de panel. Sin embargo, en la actualidad muchos economistas reconocen que hay algunas cuestiones a las que es difícil, o imposible, responder de manera satisfactoria sin el uso de datos de panel. Como se verá, con el análisis de datos de panel, un método que no es mucho más complicado que el empleo de datos de corte transversal estándar, es posible lograr progresos considerables.

Comentario sobre las estructuras de datos

La primera parte de este libro se ocupa del análisis de datos de corte transversal, debido a que esto presenta menos dificultades técnicas y conceptuales. Al mismo tiempo permite ilustrar la mayor parte de los temas fundamentales del análisis econométrico. Los métodos e ideas del análisis de cortes transversales serán empleados en el resto del libro.

Aunque en el análisis econométrico de las series de tiempo se usan muchas de las herramientas propias del análisis de cortes transversales, el análisis de series de tiempo es más complicado debido a las trayectorias, de carácter altamente persistente, que presentan muchas series económicas. En la actualidad es muy aceptado que los ejemplos tradicionalmente empleados para ilustrar la aplicación de los métodos econométricos a las series de tiempo son inadecuados o erróneos. De manera que en un principio no tiene mucho sentido emplearlos ya que eso sólo reforzará una mala práctica econométrica. Por tanto, el estudio de las series de tiempo econométricas se pospondrá hasta la parte 2 del libro, en la que se introducen los temas que se refieren a tendencia, persistencia, dinámica y estacionalidad.

En la parte 3 se verán explícitamente combinaciones de cortes transversales y datos de panel. El análisis de cortes transversales combinados de manera independiente y el análisis de datos de panel sencillos son extensiones bastante sencillas del análisis de cortes transversales puro. Sin embargo, estos temas se tratarán hasta el capítulo 13.

1.4 Causalidad y la noción de *cæteris paribus* en el análisis econométrico

En la mayoría de las pruebas de teorías económicas, así como en la evaluación de políticas públicas, el objetivo de los economistas es inferir que una variable (por ejemplo, la educación) tiene un efecto causal sobre otra variable (por ejemplo, la productividad de los trabajadores). Encontrar simplemente una relación entre dos o más variables puede ser sugestivo, pero no concluyente, a menos que pueda establecerse causalidad.

El concepto *cæteris paribus* —“si todos los demás factores relevantes permanecen constantes”— tiene un papel importante en el análisis causal. Esta idea ha estado implícita en parte de lo hasta ahora dicho, en particular en los ejemplos 1.1 y 1.2, pero no se había mencionado de manera explícita.

Es probable que el lector recuerde de los cursos de introducción a la economía, que la mayor parte de las cuestiones económicas tienen un carácter *cæteris paribus*. Por ejemplo, cuando se analiza la demanda del consumidor interesa saber el efecto que tiene una modificación en el precio de un determinado bien sobre la cantidad demandada, mientras todos los demás factores —tales como ingreso, precios de los demás bienes y preferencias individuales— se mantienen constantes. Si no permanecen constantes los demás factores, entonces no se puede saber cuál es el efecto de una modificación en el precio sobre la cantidad demandada.

Mantener los demás factores constantes también es crítico en el análisis de las políticas. En el ejemplo de la capacitación laboral (ejemplo 1.2), interesa conocer, por ejemplo, el efecto de una semana más de capacitación sobre el salario, cuando todos los demás componentes (en particular, educación y experiencia) permanecen sin cambio. Si se logran mantener constantes todos los demás factores relevantes y se encuentra una relación entre capacitación laboral y salarios, puede concluirse que tal capacitación tiene un efecto causal sobre la productividad de los trabajadores. A pesar de que esto puede parecer bastante sencillo, aun ya en este nivel inicial debe ser claro que, salvo en casos muy especiales, no será posible mantener, literalmente, todo lo demás sin cambio. La pregunta fundamental en la mayor parte de los estudios empíricos es: ¿se han mantenido constantes suficientes factores para que se justifique la causalidad? Raras veces un estudio econométrico es evaluado sin que surja esta pregunta.

En la mayoría de las aplicaciones serias, la cantidad de factores que pueden tener influencia sobre una variable —como la actividad delictiva o los salarios— es inmensa y aislar cualquier variable particular puede parecer una tarea imposible. Sin embargo, se verá que empleando cuidadosamente los métodos econométricos se pueden simular experimentos *cæteris paribus*.

Por ahora, aún no es posible explicar cómo usar los métodos econométricos para estimar efectos *cæteris paribus*, de manera que se considerarán algunos de los problemas que suelen surgir en la econometría al tratar de inferir causalidad, pero no se empleará ninguna ecuación. En cada ejemplo, el problema de inferir causalidad desaparece si es posible realizar un experimento apropiado. Por tanto, es útil describir cómo se puede estructurar un problema de este tipo, y observar que, en la mayoría de los casos, no es práctico obtener datos experimentales. También es útil reflexionar sobre la razón por la cual los datos con los que se cuenta no tienen las importantes características de las bases de datos experimentales.

Por el momento se confiará en la comprensión intuitiva de términos como *aleatorio*, *independencia y correlación*, los cuales ya le deben ser familiares al lector por cursos introductorios de probabilidad y estadística. (En el apéndice B se presenta un repaso de estos conceptos.) Se empezará por dar un ejemplo que ilustra algunos de estos importantes tópicos.

Ejemplo 1.3 Efecto de un fertilizante sobre el rendimiento de un cultivo

En algunos de los primeros estudios econométricos (por ejemplo, Griliches)⁵ se consideró el efecto de nuevos fertilizantes sobre el rendimiento de los cultivos. Supongan que el cultivo en consideración sea de frijol de soya. Como la cantidad de fertilizante es sólo uno de los factores que influyen sobre el rendimiento —algunos de los factores restantes son precipitación pluvial, calidad de la tierra y presencia de parásitos— este problema debe ser planteado como una cuestión *ceteris paribus*. Una manera de determinar el efecto causal de la cantidad de fertilizante sobre el rendimiento del frijol de soya es realizar un experimento que comprenda los pasos siguientes. Elegir varias parcelas de un acre. Aplicar a cada parcela una cantidad diferente de fertilizante y después medir el rendimiento. Esto proporciona una base de datos de corte transversal. Después, se emplean los métodos estadísticos (a introducirse en el capítulo 2) para medir la relación entre rendimiento y cantidad de fertilizante.

Como se ha descrito, éste puede no ser un muy buen experimento, ya que no se ha dicho nada acerca de la elección de las parcelas de tierra que son idénticas en todos los aspectos excepto en la cantidad de fertilizante. En efecto, no es posible elegir parcelas de terreno con esta característica: hay algunos factores, como la calidad de la tierra, que no pueden ser bien observados. ¿Cómo se sabe que los resultados de este experimento puedan emplearse para medir el efecto *cæteris paribus* del fertilizante? La respuesta depende de los detalles específicos para elegir las cantidades de fertilizantes. Si éstas son asignadas a las parcelas, independientemente de otros factores que influyan en el rendimiento, es decir, al elegir las cantidades de fertilizante se ignoran por completo otras características de las parcelas, entonces vamos por buen camino. Esta aseveración se justificará en el capítulo 2.

El ejemplo siguiente es más representativo de las dificultades que surgen para inferir causalidad en la economía aplicada.

Ejemplo 1.4 Medición del rendimiento de la educación

Desde hace tiempo, economistas laborales y hacedores de política pública han estado interesados en el “rendimiento de la educación”. De manera un poco informal, la cuestión se puede plantear como sigue: si se toma una persona de la población y se le da un año más de educación, ¿en cuánto aumentará su salario? Como en el ejemplo anterior, esta es una cuestión *cæteris paribus*, lo que significa que todos los demás factores se mantienen constantes mientras se da a la persona un año más de educación.

Uno podría imaginar que un encargado de la planeación social podría diseñar un experimento para resolver este problema, así como investigadores agrícolas diseñan un experimento para estimar los efectos de los fertilizantes. Supongan, por el momento, que el encargado de la planeación social tiene la capacidad de asignarle cualquier nivel de educación a cualquier persona. ¿Cómo puede emular este planificador el experimento del fertilizante del ejemplo 1.3? El planificador puede elegir un grupo de personas y asignar a cada una de manera aleatoria una cantidad de educación. A algunas se les asignará una educación hasta el sexto grado, a otras hasta secundaria, a otras hasta dos

⁵ Zvi Griliches, *Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change*, Econometrica, 1957.

años de universidad y así sucesivamente. A continuación, el encargado de la planeación puede medir los sueldos de las personas de este grupo (suponiendo que todas cuenten con un empleo). Las personas corresponden a las parcelas del ejemplo de los fertilizantes, la educación juega el papel de los fertilizantes y el salario corresponde a los rendimientos de frijol de soya. Como en el ejemplo 1.3, si los niveles de educación se asignan de manera independiente respecto a las demás características que afectan la productividad (por ejemplo, experiencia y capacidades innatas), los resultados de un análisis en el que se ignoren estos otros factores serán útiles. Una vez más, en el capítulo 2 se justificará esta aseveración; por ahora se enuncia sin mayor soporte.

A diferencia del ejemplo de los fertilizantes y el rendimiento, el experimento que se describe en el ejemplo 1.4 no es factible. Los aspectos éticos, por no mencionar los costos económicos, que implica determinar aleatoriamente los niveles de educación de un grupo de personas son obvios. Además, como asunto de logística, a una persona no se le podría asignar como nivel de educación el sexto grado si ya cuenta con un grado universitario.

Aunque no se puedan obtener datos experimentales que permitan medir el rendimiento de la educación, se pueden recolectar, de un grupo grande, datos no experimentales sobre niveles de educación y salarios, tomando una muestra aleatoria de la población formada por las personas trabajadoras. Datos de este tipo se encuentran disponibles a partir de las diversas encuestas empleadas en la economía laboral, sin embargo, estas bases de datos tienen una característica que dificulta estimar el rendimiento *cæteris paribus* de la educación. Son las propias personas las que eligen su nivel de educación; por tanto, es probable que los niveles de educación no sean independientes de todos los demás factores que afectan el salario. Este problema es una característica común a la mayor parte de las bases de datos no experimentales.

Uno de los factores que influyen en el salario es la experiencia laboral. Dado que, en general, tener más educación suele requerir que se posponga el ingreso a la fuerza de trabajo, las personas con más educación por lo general tienen menos experiencia. Por tanto, en las bases de datos no experimentales sobre salarios y educación, es muy probable que la educación esté relacionada de manera negativa con una importante variable que afecta el salario. También se cree que las personas con mayores habilidades innatas suelen elegir niveles superiores de educación. Como mejores habilidades llevan a salarios más altos, una vez más se observa una correlación entre educación y factores críticos que afectan el salario.

Los factores omitidos, experiencia y habilidad, en el ejemplo del salario tienen sus análogos en el ejemplo del fertilizante. La experiencia en general es fácil de medir y por tanto es similar a una variable tal como la precipitación pluvial. Por otro lado, las habilidades son algo nebuloso y difícil de cuantificar; en el ejemplo del fertilizante puede compararse con la calidad de la tierra. Como se verá a lo largo de este libro, tomar en cuenta otros factores observados, como la experiencia, al estimar el efecto *cæteris paribus* de otra variable, como la educación, es relativamente sencillo. También se verá que tomar en cuenta factores inherentes no observables, como las habilidades, es mucho más problemático. Es justo señalar que muchos de los avances en los métodos econométricos han tratado de ocuparse de los factores no observados en los modelos econométricos.

Hay un último paralelo que se puede observar entre los ejemplos 1.3 y 1.4. Suponga que en el ejemplo del fertilizante las cantidades de este producto no fueron determinadas de manera totalmente aleatoria; sino que la persona encargada de elegir las pensó que sería mejor aplicar más fertilizante en las parcelas con tierra de mejor calidad. (Los investigadores agrícolas tienen una buena idea de qué parcelas de terreno son de mejor calidad, aun cuando no puedan cuantificar con exactitud estas diferencias.) Esta situación es análoga a relacionar el nivel de escolaridad con la habilidad no observada en el ejemplo 1.4. Dado que una mejor tierra da rendimientos mayores y que en las mejores parcelas se utilizó más fertilizante, la relación entre rendimiento y fertilizante puede ser espuria.

Ejemplo 1.5 Efecto de la presencia de la policía sobre los niveles de delincuencia urbana

El tema de cuál será la mejor manera de prevenir la delincuencia ha sido, y tal vez seguirá siendo de actualidad. Una de las cuestiones especialmente importantes a este respecto es si la presencia de más agentes de policía en las calles servirá para detener la delincuencia.

La pregunta *cæteris paribus* es sencilla: si se elige aleatoriamente una ciudad y dados 10 policías adicionales, por ejemplo, ¿en cuánto disminuirá la tasa de delincuencia? Otra manera de plantear esta pregunta es: si dos ciudades son iguales en todos los aspectos, salvo en que en la ciudad A haya 10 policías más que en la ciudad B, ¿de cuánto será la diferencia entre las tasas de delincuencia de las dos ciudades?

Es casi imposible hallar un par de comunidades idénticas en todos los aspectos, excepto en el tamaño de sus fuerzas policíacas. Por fortuna, esto no es necesario en el análisis econométrico. Lo que se necesita saber es si los datos que pueden recolectarse acerca de niveles de delincuencia y tamaño de las fuerzas policíacas en una comunidad pueden ser considerados experimentales. Podría uno imaginar un experimento en el que se tenga una cantidad grande de ciudades y a cada ciudad se le asignara una cantidad determinada de policías para el siguiente año.

Aunque hay políticas que se pueden emplear para influir en el tamaño de las fuerzas policíacas, no es posible indicar a cada ciudad cuántos policías debe de emplear. Si, como es probable, la elección de cuántos policías emplear está relacionada con otros factores, propios de la ciudad, que influyen sobre la delincuencia, entonces los datos deben verse como datos no experimentales. De hecho, una manera de enfocar este problema es considerar que la elección del tamaño de la fuerza policíaca de una ciudad y el volumen de la criminalidad son determinados de forma simultánea. Estos problemas se abordarán de manera explícita en el capítulo 16.

En los tres primeros ejemplos vistos, los datos han sido de corte transversal a diferentes niveles de agregación (por ejemplo, a niveles individuales o de una ciudad). Los mismos obstáculos surgen para inferir causalidad en problemas con series de tiempo.

Ejemplo 1.6 Efectos del salario mínimo sobre el desempleo

Un importante, y quizá controversial, asunto político es el que se refiere al efecto del salario mínimo sobre las tasas de desempleo en diversos grupos de trabajadores. Aunque este problema puede ser estudiado con diversos tipos de datos (corte transversal, series de tiempo o datos de panel), suelen usarse las series de tiempo para observar los efectos agregados. En la tabla 1.3 se presenta un ejemplo de una base de datos de series de tiempo sobre tasas de desempleo y salarios mínimos.

El análisis estándar de la oferta y la demanda implica que a medida que el salario mínimo aumenta más allá del salario del equilibrio del mercado, nos movemos sobre la curva de demanda de trabajo y el empleo total disminuye. (*La oferta de trabajo supera la demanda.*) Para cuantificar este efecto, se estudia la relación entre empleo y salario mínimo a lo largo del tiempo. Además de algunas dificultades especiales que pueden surgir al usar datos de series de tiempo, se tienen posibles problemas para inferir causalidad. El salario mínimo en Estados Unidos no se determina en el vacío. Existen varias fuerzas económicas y políticas que afectan el salario mínimo de un determinado año. (El salario mínimo, una vez determinado, suele mantenerse durante varios años, a menos que sea indexado —ajustado— a la inflación.) Por tanto, es probable que el monto del salario mínimo esté relacionado con otros factores que tienen efecto sobre los niveles de desempleo.

Imaginen un experimento hipotético que podría realizar un gobierno interesado en determinar los efectos del salario mínimo sobre el desempleo (en lugar de preocuparse por la protección de los trabajadores de bajos ingresos). Cada año el gobierno podría determinar de forma aleatoria el salario mínimo y registrar después los resultados sobre el empleo. Después, empleando métodos econométricos bastante sencillos, podrían examinarse los datos experimentales de series de tiempo obtenidos. Sin embargo, esto está muy lejos de describir la manera en que se fijan los salarios mínimos.

Si se puede tener suficiente control sobre otros factores relacionados con el empleo, entonces es posible estimar el efectos *cæteris paribus* del salario mínimo sobre el empleo. En este sentido, el problema es muy parecido a los ejemplos anteriores con datos de corte transversal.

Aun cuando las teorías económicas no son descritas de la manera más natural en términos de causalidad, suelen tener predicciones que pueden probarse empleando métodos econométricos. Esto se demuestra en el siguiente ejemplo.

Ejemplo 1.7 Hipótesis de las expectativas

La hipótesis de las expectativas de la economía financiera establece que si a los inversionistas se les proporciona toda la información disponible en el momento de invertir, el rendimiento esperado en cualquiera de dos inversiones es el mismo. Considérense, por ejemplo, dos inversiones con un horizonte de inversión a tres meses, adquiridas al mismo tiempo: 1) Se compran certificados del tesoro (Estados Unidos) a tres meses con valor nominal de 10 000 dólares a un precio inferior a 10 000 dólares, y en tres meses se obtienen 10 000 dólares. 2) Se compran certificados del tesoro (Estados Unidos) a seis meses (a un precio inferior a 10 000 dólares) y en tres meses se venden como certificados del tesoro a tres meses. Para las dos inversiones se necesita aproximadamente

el mismo capital inicial, pero hay una diferencia importante. En la primera inversión, en el momento de la compra se sabe con exactitud cuál será el rendimiento, debido a que se conoce el precio de los certificados del tesoro a tres meses, así como su valor nominal. Con la segunda inversión no ocurre lo mismo: aunque en el momento de la compra se sabe cuál es el precio de los certificados del tesoro a seis meses, no se conoce el precio al que se pueden vender en tres meses. Por tanto, esta inversión presenta incertidumbre para alguien que tenga un horizonte de inversión de tres meses.

Por lo general, el rendimiento de estas dos inversiones será diferente. Con base en la hipótesis de las expectativas, el rendimiento esperado en la segunda inversión, contando con toda la información al momento de la inversión, deberá ser igual al rendimiento de la compra de certificados del tesoro a tres meses. Como se verá en el capítulo 11, esta teoría resulta bastante fácil de probar.