

## APÉNDICE

### Economía y las ciencias naturales

Las ciencias naturales estudian las relaciones entre los objetos materiales del mundo, mientras que las ciencias sociales estudian las relaciones entre las personas en una sociedad dada. Además del campo de estudio, ¿cuál es la principal diferencia entre las ciencias naturales y sociales? Con el fin de responder esta gran pregunta, en primer lugar tomaremos el caso particular de tres disciplinas: economía, física y biología. La física estudia materiales inanimados, mientras que la biología estudia los organismos vivos.

Muchas personas han argumentado que la economía no es en absoluto una ciencia. El contenido de este libro los habrá persuadido de que la economía sí es una ciencia. ¿Pero qué tipo de ciencia es la economía? Usualmente la física es vista como la ciencia ejemplar, el paradigma de las ciencias. La biología es una ciencia, pero no como la física. ¿Es la economía una ciencia como la física o como la biología?, ¿tenemos ciencias distintas o una familia de ciencias con una misma epistemología general? En este último caso, ¿qué es lo común a todas las ciencias? Este apéndice intenta responder estas preguntas.

#### SOBRE LA EPISTEMOLOGÍA

¿Son los métodos de investigación distintos entre la economía y las ciencias naturales? ¿Cuáles son las alternativas al método popperiano que se ha utilizado en la economía en este libro?

El conocimiento científico puede verse como un bien económico, el cual es útil pero escaso. El conocimiento es un bien mental, un entendimiento mental de la realidad; es un bien escaso y debe producirse. ¿Cómo se produce el conocimiento científico? Como ocurre con las personas, el conocimiento científico camina en dos pies: el conocimiento sobre los hechos de la realidad y las razones detrás de esos hechos, la teoría. En esencia, el conocimiento científico se logra que exista siempre consistencia entre hechos y teoría.

El conocimiento científico significa conocimiento libre de errores. ¿Cuáles son las fuentes posibles de error? Podrían ser:

- (a) la medición de los hechos de la realidad;
- (b) la lógica interna del sistema teórico utilizado para explicar esos hechos;
- (c) la lógica que conecta teorías y hechos.

El conocimiento científico es más riguroso cuando estos errores son limitados o minimizados. La metodología es la tecnología para producir el conocimiento científico. Como cualquier *tecnología*, incluye el conjunto de *métodos* eficaces para producir el conocimiento. Es común distinguir en la literatura sobre metodología de las ciencias tres métodos principales: inductivismo, deductivismo y falsación (Achinstein 2004).

El método de inducción busca producir el conocimiento tomando una observación particular de la realidad y haciendo las inferencias universales desde esos hechos. Este método puede llevarnos a un error significativo. Como el filósofo de ciencia Karl Popper dijo, «no importa cuántos cisnes blancos hayamos observado, esto no justifica la conclusión que todos los cisnes son blancos» (Popper 1959: 27).

El problema lógico con el inductivismo está en la pregunta, ¿cuál es el principio que permite justificar la inferencia? Consideremos el siguiente ejemplo: «En cientos de observaciones, los cisnes eran blancos; entonces todos los cisnes son blancos». ¿Por qué?, ¿cuál es la justificación de esta inferencia? «En cientos de observaciones, los cisnes eran blancos porque ellos comieron X; entonces todos los cisnes son blancos

porque ellos comen X». ¿Por qué? «En cientos de observaciones, los cisnes eran blancos porque ellos comieron X que generó las células Y; entonces todos los cisnes son blancos porque ellos comen X que generen las células Y». ¿Por qué? Y así sucesivamente, entramos al problema lógico de la regresión infinita.

Como Popper ha señalado, este ejemplo ilustra que el principio de inducción es otra inducción. La única manera de justificar una inferencia inductiva es a través del uso de un principio que tendrá que ser una afirmación universal. Ahora, si intentamos comprender la realidad a partir de la experiencia, entonces para justificar este método de investigación nosotros tendríamos que utilizar la inferencia inductiva, la cual puede justificarse por una inferencia de orden superior, y así sucesivamente. Popper concluyó, «Así el esfuerzo por basar el principio de inducción en la experiencia previa se rompe, pues nos lleva a una regresión infinita» (Popper 1959: 29). Esto es, precisamente, lo que muestra el ejemplo anterior.

Si el principio de la inducción es otra inducción, lo cual nos lleva al retroceso infinito, entonces no puede existir una lógica inductiva y, por consiguiente, el inductivismo no puede constituir un método para el conocimiento científico. La filósofa Susan Haack ha sentenciado que la «Inducción es injustificable; no puede existir la lógica inductiva» (2003: 35).

Otro problema del método inductivo es la distinción lógica entre asociación y causalidad. La inferencia inductiva usa asociaciones empíricas o correlaciones. Las razones bajo esas asociaciones —la pregunta científica del por qué— no pueden resolverse por el método de inducción, como se ha mostrado en el ejemplo anterior. Esas razones solo pueden ser teóricas, de modo que podemos escaparnos de la trampa del retroceso infinito del inductivismo. La correlación no puede implicar causalidad.

El otro método es el deductivismo, el cual busca producir conocimiento únicamente a partir de los pensamientos. La teoría no solo tiene sus propios supuestos de manera explícita, sino que también

introduce otro supuesto implícito: la teoría lógicamente correcta es empíricamente verdadera. Esta conclusión no puede justificarse. En las ciencias fácticas, por lo tanto, el riesgo de error del método deductivo es enorme.

El tercer método es el de la falsación. Este método se basa en las interacciones entre teoría y realidad. Popper desarrolló este método en su famosa obra *La lógica del descubrimiento científico* (1934). La falsación es un método que reduce el error de aceptar las teorías que son falsas, tales como la aceptación de proposiciones tautológicas o de proposiciones que dependen solamente del aparente «realismo» de sus supuestos.

La falsación no es, sin embargo, un método que sirva para descubrir una teoría que sea verdadera. Si las predicciones de una teoría son refutadas por los datos de la realidad, la teoría es claramente falsa. Si las predicciones de una teoría coinciden con los datos empíricos, ¿se podría decir que la teoría es verdadera? Popper rechaza esta conclusión porque nos estaríamos basando en el método inductivo: de la verdad de casos particulares se estaría haciendo la inferencia de que la teoría es verdadera. «No se puede mostrar la validez empírica de una teoría a partir del razonamiento deductivo. Pero tampoco puede mostrarse esa validez a partir de sus éxitos pasados puesto que estaríamos usando la inducción para justificarse» (Achinstein 2004: 132). ¿Cuántos casos exitosos deben observarse para concluir que una teoría es verdadera? No existe respuesta, tal como lo muestra el ejemplo de los cisnes.

En esencia, no se puede probar que una teoría sea verdadera; solo se puede decir que los datos de la realidad han corroborado las predicciones de la teoría. Todo lo que podemos decir es que la teoría es consistente con la realidad. En el método de la falsación, «falso» no tiene por oposición a «verdadero», sino a «consistente».

¿Es la falsación el método más eficiente? Algunos filósofos de la ciencia, como Thomas Kuhn y Paul Feyerabend han negado la existencia de un método universal para las ciencias (Achinstein 2004). Sin embargo, comparado al inductivismo y al deductivismo, la falsación es el método que minimiza los errores que puedan ocurrir en el proceso

de producción del conocimiento. La falsación es, por consiguiente, el método más eficiente comparado al inductivismo y al deductivismo.

La metodología es, así, un conjunto de métodos para producir conocimiento científico. Cada método constituye un sistema lógico del cual se derivan reglas para producir conocimiento; cada método constituye, entonces, una teoría normativa de la epistemología. Esta teoría normativa es una teoría del conocimiento, la teoría de teorías, es decir, una metateoría. Popper propuso la teoría de falsación. Esta es la teoría que se ha aplicado para el estudio de la economía. Para hacerla operativa, se ha construido un modelo particular de esta teoría, llamado alfa-beta. ¿Puede también aplicarse el método alfa-beta a la física y biología?

## SOBRE LA FÍSICA

Recientemente, los físicos han escrito libros para popularizar el nivel de conocimiento obtenido en esta ciencia. El físico más popular es el británico Stephen Hawking. Basado en su libro *Una breve historia del tiempo* (1996), se presentará aquí la estructura de la física en términos de las proposiciones teóricas y empíricas.

Las primeras proposiciones hechas en la física eran hipótesis empíricas que no estaban asociadas a ninguna teoría. Este tipo de hipótesis, desprovisto de una teoría, se denominará aquí *hipótesis H*. Dos de las más importantes son:

H (1): La Tierra es el centro del universo (Plotomeo, I.A.D).

H (2): El Sol es el centro del universo, y la tierra y los otros planetas se mueven en orbitas circulares a su alrededor. El Sol es estacionario (Copérnico, c. 1514).

El descubrimiento del telescopio (1609) fue suficiente para refutar ambas hipótesis. Dos observaciones empíricas surgieron con la ayuda de este instrumento. Este tipo de observaciones empíricas puede llamarse la «observación O». En este tipo de observación empírica no se muestra

ninguna correlación estadística entre variables. Las observaciones que refutaron las hipótesis señaladas anteriormente fueron:

$H(1) \neq O(1)$ : No todos los cuerpos del espacio giran alrededor de la Tierra (Galileo).

$H(2) \neq O(2)$ : Los planetas se mueven en órbitas elípticas alrededor del Sol (Kepler).

La teoría más famosa de la física es la teoría de gravedad propuesta por Newton en 1687. Se le puede enunciar así:

$\phi_1$ : **Teoría de gravedad.** El universo es un sistema estático en el cual los cuerpos son atraídos entre sí por una fuerza, la cual es más fuerte cuanto más pesados sean los cuerpos y cuanto más cercanos estén uno del otro.

Las predicciones empíricas pueden ser derivadas lógicamente de la teoría  $\phi_1$ . Estas proposiciones serán llamadas  $\gamma_1$ , es decir  $\phi_1$  implica  $\gamma_1$ . Ellas son:

$\gamma_1(1)$ : los planetas se mueven en órbitas elípticas alrededor del sol.

$\gamma_1(2)$ : la luz es una partícula y, como en el caso de una bola de cañón, puede ser agarrada si el observador corre lo suficientemente rápido.

$\gamma_1(3)$ : la atracción entre objetos opera instantáneamente, tanto sobre distancias cortas como largas.

¿Son estas hipótesis empíricas consistentes con la realidad? Las observaciones empíricas siguientes pueden servir para buscar la consistencia con esta teoría:

$\gamma_1(1) = O(2)$ . La observación empírica de Kepler corrobora la primera predicción empírica.

$\gamma_1(2) \neq O(3)$ : Nada puede viajar más rápido que la luz (Hawking 1996: 32). Los físicos experimentales han mostrado que la luz viaja a 670 millones de millas por hora (es decir, 300 mil kilómetros por segundo), sin tener en cuenta la velocidad del observador.

$\gamma_1(3) \neq O(3)$ .

Un caso de inconsistencia empírica es suficiente para rechazar una teoría; por consiguiente, los datos empíricos refutan la teoría de la gravedad. La pregunta ahora consiste en encontrar otra teoría que prediga la proposición  $\gamma_1(1)$ , pero no las otras.

Albert Einstein desarrolló dos teorías a inicios de 1900. La primera es la Teoría de Relatividad. Esta teoría y sus predicciones empíricas pueden enunciarse como sigue:

$\phi_2$ : **La Teoría especial de la relatividad.** Tiempo y espacio no son categorías absolutas, sino que dependen del movimiento relativo de los observadores.

$\gamma_2(1)$ : ningún objeto puede viajar más rápido que la luz.

$\gamma_2(2)$ : la relatividad comienza a ser más significativa cuando los observadores alteran sus velocidades acercándose a la velocidad de la luz. Estando sobre la tierra, todos los observadores ven el mismo movimiento de objetos porque las diferencias de velocidad entre los observadores son demasiado pequeñas. Si un observador estuviera en el espacio viajando a velocidades cercanas a la velocidad de la luz, podría observar el movimiento de objetos de una manera diferente comparada a lo que vería un observador desde la Tierra.

$\gamma_2(3)$ : la velocidad de la luz parecer ser la misma para todos los observadores (Hawking 1996: 39).

$\gamma_2(4)$ :  $E=mc^2$ , donde E es la energía, m es la masa y c la velocidad de la luz. Esta ecuación es considerada la más famosa de la ciencia.

El supuesto implícito de la Teoría de gravedad es que el tiempo es absoluto. En la teoría de relatividad especial el supuesto es que cada observador tiene su propia medida del tiempo, como si estuviera grabada en un reloj que cada uno llevara dentro; es decir, los relojes llevados por observadores diferentes no estarían de acuerdo si ellos estuvieran moviéndose a velocidades diferentes. La velocidad de luz, sin embargo, es la misma para cada observador, sin importar cuán rápido este se esté moviendo.

La consistencia empírica de teoría de relatividad puede mostrarse como sigue:

$\gamma_2(1) = O(3)$ . Se pueden mencionar ejemplos que muestran que la luz viaja más rápido que cualquier otro objeto. En una tormenta, uno ve la luminosidad antes de oír el trueno. En un estadio de béisbol, cuando un jugador pega la pelota, uno ve la pelota golpeada antes de oír el sonido.

$\gamma_2(2) \approx O(\text{sin datos})$

$2(3) = O(4)$ : el experimento de Michelson-Morley (Hawking 1996: 39).

$2(4) = O(5)$ : la explosión de bombas atómicas.

En suma, los hechos disponibles no refutan la teoría especial de la relatividad.

La Teoría de la gravedad y la Teoría especial de la relatividad están en conflicto respecto a la velocidad de luz; es decir, ambas no pueden ser verdaderas. «[La teoría de la gravedad] sostiene que los objetos son atraídos unos a otros con una fuerza que depende de la distancia entre ellos. Esto significa que si uno moviera uno de los objetos, la fuerza de atracción sobre el otro cambiaría instantáneamente. O en otros términos, los efectos



gravitacionales deben viajar con velocidad infinita, y no por debajo de la velocidad de luz o igual a ella» (Hawking 1996: 39).<sup>9</sup>

Así, queda claro que  $\gamma_2$  (1)  $\neq$   $\gamma_1$  (2). La observación empírica O (3), que nada viaja más rápidamente que la luz, refuta la teoría de la gravedad, pero no a la teoría de la relatividad especial. Pero, entonces, ¿cómo queda la fuerza de gravedad entre los cuerpos?

La segunda teoría de Einstein es la Teoría de la relatividad general, que junto con sus predicciones empíricas, puede enunciarse como sigue:

$\phi_3$ : **La Teoría general de la relatividad.** La gravedad es el resultado de las distorsiones en la geometría del tiempo-espacio.<sup>10</sup> La gravedad no es una fuerza similar a otras fuerzas; es, más bien, una consecuencia del hecho que el espacio-tiempo no es plano —como había sido previamente supuesto— sino que es curvo, debido a la distribución de la masa y la energía. Los cuerpos siempre siguen líneas rectas en el espacio-tiempo de cuatro dimensiones, pero ante nosotros, en nuestro espacio tridimensional, parecen moverse en senderos curvos (Hawking 1996: 40).

$\gamma_3$  (1): los planetas siguen órbitas elípticas alrededor del sol (1996: 40).

$\gamma_3$  (2): la luz debería ser doblada por la fuerza de la gravedad. Por ejemplo, los conos de luces cercanos al sol podrían ser ligeramente torcidos hacia adentro, debido a la masa solar (Hawking 1996: 42).

---

<sup>9</sup> Otro ejemplo: de acuerdo con la Teoría de la gravedad, si el sol explotara, la Tierra podría sufrir instantáneamente una alteración, saliendo de su órbita elíptica. Pero de acuerdo con la Teoría general de la relatividad, este efecto no sucedería, debido a que no hay información que pueda ser transmitida más rápido que la velocidad de la luz; por esto, este efecto, de la caída de la Tierra sería instantáneo. Esto podría tomar ocho minutos, que es el tiempo que demora la luz en llegar del sol a la Tierra.

<sup>10</sup> Espacio - tiempo es la descripción dimensional del universo, que junta las tres dimensiones del espacio y la única dimensión del tiempo.

$\gamma_3$  (3): El tiempo debería transcurrir más lentamente cerca de un cuerpo macizo como la tierra (1996: 43)

$\gamma_3$  (4): El universo tuvo un tiempo inicial, la del *Big Bang* (Hawking 1996: 44).

Sobre la refutación empírica de estas predicciones, los datos son los siguientes:

$\gamma_3$  (1) = O (6): Las órbitas medidas por un radar están de acuerdo con la teoría. «De hecho, las órbitas predichas por la teoría de la relatividad general son casi exactamente iguales que aquellas predichas por la teoría de la gravedad de Newton [ $\gamma_1(1) = \gamma_3(1)$ ]. Sin embargo, en el caso de Mercurio, por ser el planeta más cercano al sol, el efecto de la gravedad es mayor y las predicciones de la teoría de la relatividad general muestran una pequeña desviación con respecto a las predicciones de Newton. Este efecto fue notado antes de 1915 y sirvió como una de las confirmaciones de la teoría de Einstein» (Hawking 1996: 40-42).

$\gamma_3$  (2) = O (7): Al observar un eclipse desde África oriental en 1919, una expedición británica mostró que la luz fue desviada por el sol. Esta desviación de la luz ha sido confirmada por varias observaciones posteriores (Hawking 1996: 42).

$\gamma_3$  (3) = O (8): Los experimentos han corroborado esta predicción (1996: 43).

$\gamma_3$  (4)  $\approx$  O (sin datos).

En suma, las observaciones empíricas disponibles no refutan las predicciones de la Teoría general de la relatividad.

La Teoría general de la relatividad estudia los cuerpos grandes del universo. Los fenómenos en cuerpos sumamente pequeños son estudiados por la teoría de la mecánica cuántica. Hoy día contamos con «microscopios» de alta calidad, que son distintos a los microscopios

regulares porque, de una parte, son instrumentos que nos permiten ver moléculas, átomos y pequeñas partículas, y porque algunos de ellas son instrumentos muy grandes. Estos instrumentos han hecho posible un mayor conocimiento en las observaciones empíricas del mundo subatómico.

Durante mucho tiempo, se supuso que la materia estaba compuesta de átomos. El átomo era el último elemento inobservable y las teorías de la física hacían supuestos sobre su composición y comportamiento. A inicios de la década de 1930, los átomos llegaron a ser observables. Ahora, nosotros sabemos que los átomos están constituidos por un núcleo —conteniendo protones y neutrones— y por electrones. Pero, ¿de qué están hechos estos elementos? Como no eran observables, se hicieron supuestos sobre sus composiciones y comportamientos. En 1968, se llegó a observar que el núcleo estaba hecho de elementos aun más pequeños, llamados *quarks*. Surge de nuevo la pregunta, ¿de qué están hechos los *quarks* y los electrones? Hoy, algunos físicos suponen que el último elemento inobservable es un elemento llamado la cuerda —la teoría de las cuerdas—.

La teoría cuántica y sus predicciones empíricas pueden ser presentadas de la siguiente manera:

$\phi_4$ : **La teoría cuántica.** Las partículas no tienen ni posiciones ni velocidades exactamente determinadas. Cuando se le examina en distancias cada vez más pequeñas y en escalas de tiempo cada vez más cortas, el universo es un lugar incierto, gobernado por el azar. Esta teoría se refiere al mundo subatómico.

$\gamma_4$  (1): Las observaciones sobre la posición y velocidad de objetos en el mundo subatómico son inciertas. Este es el *principio de incertidumbre* de Heisenberg, establecido en 1926. Este principio dice que «uno nunca puede estar totalmente seguro ni de la posición ni de la velocidad de una partícula; el conocimiento más preciso de uno implica el conocimiento menos preciso del otro» (Hawking 1996: 243).

La teoría de la mecánica cuántica no predice un solo resultado para una observación, sino un número de posibles resultados, y nos dice cuán probable es cada uno de estos; por consiguiente, introduce un elemento inevitable de incertidumbre en la física (1996: 73). Sobre su consistencia empírica, se puede decir lo siguiente:

$\gamma_4(1) = O(9)$ : esta concuerda perfectamente con los experimentos (1996: 73).

Según la Teoría general de la relatividad, el universo es un lugar liso o llano en la geometría espacial en escalas macroscópicas; sin embargo, según la teoría de la mecánica cuántica, es una arena caótica en escalas microscópicas. ¿Pueden ser estas dos teorías correctas? Si todo en el universo depende de todo lo demás —un requisito de la teoría unificada—, la respuesta es no.

Hoy los científicos describen el universo en términos de dos teorías parciales básicas: la Teoría general de la relatividad y la mecánica cuántica. Lamentablemente, estas dos teorías son conocidas por su inconsistencia de una con la otra, ambas no pueden ser correctas (Hawking 1996: 18).

La geometría espacial lisa de la relatividad general se rompe en las escalas de distancias cortas debido a las violentas fluctuaciones de las partículas de la mecánica cuántica. Empíricamente, la realidad no es consistente con la teoría unificada que integra relatividad general y la mecánica cuántica. Esta teoría unificada predice que ciertas cantidades, como la curvatura del espacio-tiempo, son infinitas, pero estas cantidades cuando son medidas pueden ser perfectamente finitas (Hawking 1996: 215).

¿Cómo podría ocurrir esto?, ¿cómo puede existir orden a grandes escalas pero desorden a escalas pequeñas?, ¿puede generarse orden a partir del desorden?, ¿cómo podría resolverse esta contradicción? Se necesita una teoría unificada de las fuerzas de la naturaleza, fuerzas que sean independientes de la escala de los objetos, desde las pequeñas distancias dentro del mundo subatómico a las distancias más grandes en el

inmenso universo. Esta es la pregunta más desafiante en la física de hoy: encontrar una teoría unificada de la física, *la teoría del todo*.

Como hemos visto, las teorías de la física ( $\phi$ ) dan lugar a proposiciones que son empíricamente refutables ( $\gamma$ ). Hemos utilizado un método de falsación que no es el alfa-beta, que podríamos llamar el *método directo de falsación* dentro de la epistemología popperiana. Este método de falsación puede ser utilizado en la construcción del conocimiento en la física. Es *como si* los físicos hubieran usado la epistemología de la falsación en el desarrollo de la física. El uso de la falsación en la física muestra que el conocimiento ha avanzado enterrando teorías, de funeral en funeral.

El método alfa-beta no es aplicable a la física. La razón es simple: aunque las relaciones entre los objetos materiales se repiten periodo tras periodo, ellas no constituyen un proceso (en el sentido del término definido en capítulo 1 y sintetizado en la figura 1.1). No existe ninguna variable exógena en el proceso físico. No existe nada fuera del universo físico que pueda cambiar independientemente —o exógenamente—, que ingrese al sistema, y pueda mover el universo de una situación de equilibrio —estático o dinámico— a otra. Las relaciones físicas se presentan como *leyes* porque no existen variables exógenas que puedan modificar esas relaciones.

El conjunto de proposiciones ( $\alpha, \beta$ ) usado en economía tiene diferente contenido comparado al conjunto de proposiciones ( $\phi, \gamma$ ) que se ha utilizado aquí para la física. Las proposiciones beta están referidas a los efectos de las variables exógenas sobre las variables endógenas; pero este no es el caso en las proposiciones gamma. Incluso la naturaleza de falsación empírica es diferente en la física. En la física, la expresión  $\gamma \approx 0$  se refiere a la pregunta de consistencia entre la predicción de la teoría con un conjunto de observaciones empíricas, las cuales son obtenidas con la ayuda de instrumentos de medida, tales microscopios y telescopios; por contraste, en la economía,  $\beta \approx b$  se refiere a la consistencia entre las predicciones de la teoría y el conjunto de datos que representan la asociación o correlación estadística entre variables

endógenas y exógenas. Debido a la existencia de variables exógenas, la economía es una ciencia, pero no es como la física. La economía es una ciencia diferente, más compleja.

## SOBRE LA BIOLOGÍA EVOLUTIVA

Los biólogos también han escrito recientemente libros para un gran auditorio, como Mayr (1997), Casti (2001), Smith (2002) y Pasternak (2003). Estos trabajos se usarán aquí para presentar la estructura de esta disciplina.

Según Ernst Mayr, biólogo de Harvard, la biología es, como la física, una ciencia; pero la biología no es una ciencia similar a la física. Existen dos campos en biología que son bastante diferentes en la naturaleza de conocimiento. Una es la biología molecular, que es más parecida a la física, y la otra es la biología evolutiva, que estudia las poblaciones. Se utilizará este segundo campo para hacer la comparación con la economía.

La biología evolutiva puede representarse como un proceso porque en el agregado hay la posibilidad de repeticiones y porque en ella existen variables exógenas que pueden cambiar el equilibrio en que viven los seres en el mundo. Esta variable exógena es el ambiente físico. La biología evolutiva estudia las interacciones entre los numerosos organismos, cada uno de ellos sumamente complejos.

¿Pueden construirse modelos teóricos para explicar estas interacciones complejas? La respuesta es afirmativa. En efecto, en biología se utilizan modelos matemáticos.

Según los biólogos, la razón es que el uso de ecuaciones permite predecir la conducta de los organismos vivientes. Esta predicción es, sin embargo, usualmente solo cualitativa. La exacta consistencia numérica con los datos es difícil y es demasiado esperar porque en cualquier modelo se utiliza la abstracción.

¿Cuál es la justificación para omitir algo que ciertamente afecta el resultado en un modelo? Los biólogos lo justifican así. Primero, si fuera importante, el modelo no dará las predicciones correctas, incluso cualitativas. Segundo, si nosotros intentamos poner todo en un modelo, este será simplemente inútil. En la biología, solo los modelos simples son útiles. El precio que los biólogos deben pagar por esta simplificación es la falta de exactitud cuantitativa entre sus predicciones y los datos (Smith 2002). Nótese que esta es la misma epistemología que utilizamos en la economía.

La teoría darwiniana puede reformularse en lo que se refiere a teorías parciales usando el método alfa-beta, como sigue:

$\alpha_1$  : **La Teoría del descendiente común.** Los organismos vivientes han evolucionado de una raíz común. Por lo que se refiere a su origen, los organismos vivientes constituyen un solo árbol familiar.

$\beta_1(1)$  Animales y plantas de recientes períodos geológicos serán descendientes de aquellos de los períodos geológicos más antiguos. Debemos observar una secuencia histórica en la existencia de organismos vivientes.

$\beta_1(1) = O(1)$ : La secuencia observada de los fósiles que se han encontrado en los estratos de la tierra es consistente con la predicción. La teoría habría sido falsa si estos fósiles de elefantes y jirafas hubiesen sido encontrados en el período del Cretáceo Temprano.

$\alpha_2$  : **La teoría de la selección natural.** En un ambiente dado, algunos tipos de individuos tienen mayor probabilidad de sobrevivir y reproducirse que otros.

Los supuestos de esta teoría incluyen un proceso con los siguientes aspectos: (a) los descendientes deben parecerse a sus padres; (b) existe variación genética en los organismos vivientes; (c) los cambios en la composición genética de los organismos vivientes es aleatoria, pero la

eliminación de individuos no es aleatoria. La teoría no establece qué tipo de individuos sobrevivirá y por qué; solo predice que algunos individuos podrán sobrevivir.

El equilibrio del sistema es dinámico. Dado el medio ambiente, hay un equilibrio en la distribución aleatoria de las características de los individuos. Cuando estos individuos se reproducen, ellos transfieren sus características a su descendencia, cuyo resultado es una población de individuos con características apropiadas para la supervivencia. Las características del equilibrio presentes en la población de una generación es una muestra aleatoria de aquellas que están presentes en la generación anterior, y así sucesivamente. El supuesto implícito es que las características innatas de individuos son heredadas, pero las características adquiridas no lo son.

Las predicciones empíricas que pueden derivarse de esta teoría incluyen lo siguiente:

$\beta_2(1)$ : **Hipótesis de la supervivencia del más apto.** Los cambios en el ambiente causarán una eliminación no aleatoria de algunos individuos. La supervivencia del más apto en la competencia por el recurso escaso en el ambiente prevalecerá.

$\beta_2(2)$ : **Hipótesis de la evolución.** Los organismos vivientes no son estáticos; ellos evolucionan guiados por la selección natural en el tiempo.

$\beta_2(3)$ : **Hipótesis de la multiplicación de las especies.** Las mismas especies que viven en ambientes diferentes se convertirán en especies distintas. En otras palabras, las mismas especies en ambientes diferentes mostrarán rasgos distintos, entendidos como diferencias en promedio y varianza. La separación por montañas, mares o la discontinuidad ecológica generará este resultado.

La evidencia empírica parece no refutar estas predicciones.

En suma, las relaciones entre organismos vivientes pueden ser representadas por un proceso: el proceso biológico. Las condiciones para este



reduccionismo se cumplen plenamente: existe repetición en el equilibrio de estas relaciones y existen variables exógenas que modificarán la situación de equilibrio de estas relaciones. Por consiguiente, el método alfa-beta puede aplicarse al estudio de biología. Epistemológicamente, la economía se parece más a la biología que a la física.

## SOBRE EL UNIVERSALISMO ONTOLÓGICO

La próxima comparación entre la economía y las ciencias naturales se refiere a la pregunta sobre el universalismo ontológico, el supuesto de un único mundo. La economía considera a la economía mundial como su «universo». En la física y la biología, el universo relevante y comparable es la Tierra.

Las discrepancias cuantitativas entre las teorías de Einstein y la teoría de Newton son sumamente pequeñas en nuestro planeta. Si uno lanza una bola de béisbol, las teorías de Newton y de Einstein podrán ser usadas para predecir donde aterrizará, y las respuestas serán diferentes, pero la diferencia será pequeña, tan pequeña que ellas estarán más allá de nuestra capacidad para detectar experimentalmente esa diferencia (Greene 2003: 76). La teoría de Newton no es válida para todo espacio y tiempo, pero la teoría de Einstein sí lo es.

En el mundo limitado del planeta Tierra, sin embargo, tanto la teoría de Newton como la teoría de Einstein son consistentes con las observaciones empíricas. Tenemos aquí un ejemplo de una realidad con dos teorías. También tenemos un ejemplo de una teoría refutada que, sin embargo, todavía puede ser útil, pues algunas de sus predicciones son empíricamente consistentes. La refutación de una teoría no implica su rechazo total. El conocimiento es acumulativo y todas las teorías, buenas o malas, juegan un papel en este proceso. Considerando solo el plantea Tierra como realidad, podríamos decir que la teoría de Newton es más fina y simple que la de Einstein.

Si nuestro planeta pudiera separarse en segmentos, utilizando cualquier tipo de criterio, estos segmentos no serían diferentes en el sentido que la Teoría de la gravedad podría explicar las relaciones entre los objetos, no importa cómo esos segmentos fueron creados. Los átomos se comportarán exactamente de la misma manera en cualquier parte del planeta. La Teoría de la gravedad es una teoría general para el planeta. El principio de universalismo ontológico se aplica entonces en la física.

En la biología evolutiva, el universo puede separarse en segmentos diferentes utilizando como criterio el ambiente físico, que es la principal variable exógena. En cada ambiente, así definido, los organismos vivientes se comportarán de modo diferente. Por ejemplo, las plantas se comportan de manera diferente en los trópicos que en las zonas templadas, en las altas montañas que en las costas. La diversidad de realidades biológicas implica la construcción de teorías parciales que puedan explicar la fisiología vegetal en cada una de esas realidades específicas y particulares. La pregunta sobre la unidad del conocimiento aparece en la biología.

Las plantas se comportan de modo diferente en los Andes respecto a las llanuras americanas, ya que su fisiología es diferente. En las zonas templadas, las plantas adaptaron su fisiología a ambientes en los cuales las mayores variaciones en la temperatura ocurren en las estaciones a lo largo del año. En los Andes, en cambio, las plantas han tenido que adaptarse a un ambiente en el que las mayores variaciones de temperatura se dan durante el día, y no durante las estaciones. En ambas zonas, sin embargo, la teoría de la fotosíntesis es la misma. La fotosíntesis es la teoría general que lleva a aceptar la existencia de una teoría unificada de la fisiología vegetal.

El proceso económico también tiene lugar en ambientes sociales diferentes. Como se ha mostrado en este libro, el sistema capitalista mundial puede ser dividido en varios tipos de sociedades capitalistas usando el criterio de las condiciones iniciales —la historia—, que incluye las dotaciones de factores iniciales y el grado inicial de desigualdad. En cada ambiente social las personas se comportan de manera diferente y la sociedad funciona de manera distinta. La unidad del conocimiento

es entonces un problema importante a resolver. Este libro ha intentado proporcionar una solución. Épsilon, omega, y sigma son teorías parciales que han podido ser consolidadas en una teoría unificada de capitalismo.

La ontología universalista —el supuesto de un único mundo real— es aplicable a la física, pero no a biología ni a la economía. La economía es, nuevamente, una ciencia que se parece más a la biología que la física.

## SOBRE LA CUESTIÓN DE LA MEDICIÓN

«Ciencia es medición», reza un conocido principio científico. Sin embargo, la cuestión más desafiante consiste en poder distinguir entre las relaciones que son medibles de aquellas que no lo son. Por ejemplo, ¿existe un mundo real, observable, independiente de nuestro pensamiento? Ciertamente, se necesita un criterio para determinar lo que es y no es medible.

El filósofo John Searle (1995) ha propuesto un criterio. Él señala que las proposiciones sobre los hechos pueden ser clasificadas como ontológicas y cognitivas; además, cada categoría puede a su vez ser dividida entre objetiva y subjetiva. Por lo tanto, se puede construir una matriz dos por dos, tal como se muestra en la tabla A.1.

Una proposición sobre la realidad es cognitivamente subjetiva cuando su verdad o falsedad no es una cuestión factual simplemente, sino que depende del punto de vista de la persona; es cognitivamente objetiva cuando la verdad o su falsedad es independiente del punto de vista de la persona. La primera es una proposición normativa y la segunda es una proposición positiva. De otro lado, una proposición sobre la realidad es ontológicamente subjetiva cuando su existencia depende de los sentimientos de los individuos; es ontológicamente objetiva cuando su existencia es independiente de cualquier sentimiento. La primera se refiere a una situación mental y la segunda se refiere a un objeto físico.

**Tabla A.1. Tipos de realidad basados en el criterio de clasificación de Searl**

	COGNITIVO	
ONTOLÓGICO (existencia)	Objetivo (positivo)	Subjetivo (normativo)
Objetivo (material)	Este papel es delgado	Odio el papel delgado
Subjetivo (mental)	La cantidad de dinero aumentó	Adoro el dinero

Toda proposición sobre la realidad puede ponerse en una celda de la matriz y tendrá dos sentidos, uno ontológico y otro cognitivo. Considere los ejemplos mostrados en la tabla A.1. Las mediciones de un pedazo de papel son ontológicamente objetivas y cognitivamente objetivas. Los sentimientos sobre un pedazo de papel serán ontológicamente objetivos y cognitivamente subjetivos. Las mediciones de la cantidad de dinero (pedazo de papel) son, de un lado, ontológicamente subjetivas porque el dinero es un hecho socialmente construido, y es por eso aceptado por todos como medio de pago; de otro lado, son también cognitivamente objetivas, porque no se necesita ningún punto de vista personal para reconocer un billete de diez dólares. Los sentimientos sobre el dinero —«adoro el dinero»— son ontológicamente subjetivos y cognitivamente subjetivos.

Las categorías que se usan en la física y biología solo corresponden a la primera celda. Esta celda también se usa en la economía; sin embargo, en la economía se utiliza también la celda que se encuentra debajo de la primera. Pueden hacerse afirmaciones positivas sobre el dinero, como «la cantidad de dinero ha aumentado en la economía». Luego, las dos celdas de la primera columna son consideradas medibles y falsables en la ciencia económica. La ciencia económica, a diferencia de la física y la biología, utiliza realidades socialmente construidas. Esta característica aumenta la complejidad de la ciencia económica en comparación a las otras disciplinas.

El dinero es ciertamente un ejemplo claro de una variable socialmente construida —ontológicamente subjetiva—. La prueba es que no todo dinero es aceptado en todos los países del mundo. No todas las personas del mundo podrían reconocer un billete de diez soles; sin embargo, todos pueden reconocer que el tamaño de un papel es mayor o menor que el de otro.

La etnicidad es otro ejemplo de un hecho socialmente construido. Tomemos el caso de la raza. La raza como color de la piel es ontológicamente y cognitivamente objetiva; es decir, pertenece a la primera celda (al igual que un pedazo de papel). El color es una característica física de los objetos. Pero raza es también una construcción social; pues es un marcador social de la etnicidad, dado que el color de la piel tiene un significado social. La raza es entonces ontológicamente subjetiva y pertenece a la celda que se encuentra debajo de la primera celda (al igual que el dinero). Por consiguiente, la etnicidad —raza, lengua, religión, cultura, procedencia— también es una categoría socialmente creada. La etnicidad es por consiguiente ontológicamente subjetiva pero cognitivamente objetiva porque pueden hacerse afirmaciones positivas, como «los salarios que reciben los trabajadores negros son, en promedio, menores a los que reciben los trabajadores blancos». El lenguaje, otro marcador social de etnicidad, también pertenece a esta categoría.

Como vimos, el dinero es físicamente un pedazo de papel, pero también es un objeto socialmente construido. El dinero como papel es ontológicamente subjetivo pero cognitivamente objetivo. De manera similar, se puede decir que la raza es como el dinero, mientras que el color físico de la piel es como el papel. Los hechos físicos como las células, colores de la piel y fenotipos —los hechos biológicos— subyacen en el concepto de raza —un hecho socialmente construido—. Ciertamente, los libros de la biología no estudian categorías como la etnicidad. En una sociedad dada, todos saben lo que es el valor de un billete de dinero; similarmente, todos saben cuál es la etnicidad de una persona; es decir todos saben quién es quién en la sociedad. Si este no fuera el caso, la etnicidad apenas existiría como un problema social.

El progreso de las ciencias naturales está basado principalmente en la naturaleza de los objetos que debe medir; se debe también a las innovaciones en los instrumentos de medición. Los telescopios, microscopios y espectroscopios han pasado por un progreso continuo de sofisticación. En efecto, el físico Galison (1997) ha argumentado que los cambios en los paradigmas en la física se han debido principalmente a las innovaciones en los instrumentos de medición. Un nuevo instrumento lleva a nuevas observaciones que pueden falsar un paradigma teórico y producir otro (como se mostró anteriormente). Esta es una hipótesis diferente a la propuesta por Kuhn (1970), quien dijo que son las nuevas ideas políticas y sociales los factores responsables en los cambios de los paradigmas. Ciertamente, la hipótesis de Galison también se aplica a la biología, mientras que la de Kuhn parece aplicarse a la economía.

El progreso de la medición es más difícil de lograr en la economía. Esto por dos razones. Primero, las variables empíricas son mucho más complejas de construir en la economía que en las ciencias naturales, debido a que una parte importante de las variables —tanto endógenas como exógenas— constituyen categorías socialmente construidas. El dinero, el ingreso, el producto total, la pobreza, la desigualdad, la etnicidad, el gobierno, el poder del mercado y la democracia son variables importantes en economía y todas ellas son socialmente construidas.

Segundo, los instrumentos de medición no son tan desarrollados como en las ciencias naturales. En la mayoría de los países, los datos sobre la producción y distribución se construyen aplicando encuestas a las empresas y familias, así como usando las cuentas fiscales y monetarias de los gobiernos. Dado que familias y firmas actúan guiados por la motivación del interés propio, esta motivación estará presente al momento de ofrecer la información. Sobre todo al participar en la producción de un bien público, como la información, los incentivos de las familias y las empresas no son proporcionar la verdadera información, sino la información que «económica y políticamente parecen correctas». Los gobiernos, que también actúan guiados por una motivación del propio interés —la maximización de votos— tampoco tienen los incentivos

para proporcionar y producir la información verdadera, sino la información «políticamente correcta».

Cuando los hechos son socialmente contruidos es difícil de medirlos pidiéndoles a las personas que declaren los «hechos». En las sociedades sigma, sociedades que son multiculturales y jerárquicas, el problema es más agudo, ya que cada cultura tiene su realidad socialmente contruida, lo cual hace difícil la uniformidad de las variables agregadas. Este problema va más allá de la intención de las personas para decir la verdad o no.

No se ha inventado ningún instrumento tipo telescopio o microscopio para observar la conducta humana en la ciencia económica. Contrariamente a las ciencias naturales, en la ciencia económica, los paradigmas no han sido desafiados por las innovaciones en los instrumentos de medición. Los problemas de medición explican, por lo menos en parte, por qué las teorías económicas tienden a ser inmortales. Si la economía no parece tan científica como las otras ciencias naturales se debe a las diferencias en los instrumentos de medición.

## HACIA UNA CIENCIA UNIFICADA

Considerando la población humana y la Tierra como su envase, ¿existe consistencia entre las teorías de la economía, la física y la biología? Si la respuesta a esta pregunta fuera positiva, las tres disciplinas podrían integrarse en una sola y tendríamos un conocimiento unificado. La tarea específica aquí será analizar si las proposiciones alfa universales de la ciencia económica —aplicables a toda la sociedad humana— son consistentes o no con las teorías de la física y la biología.

*El postulado de frontera de producción.* Este postulado afirma que los bienes no pueden producirse de la nada; es decir, se necesitan insumos materiales y trabajadores para producirlos. Para cantidades dadas de insumos, el sistema productivo producirá una cantidad determinada de *bienes*, período tras período.

Las leyes de la física están implícitas en este postulado. La gran excepción es la segunda ley de termodinámica, según la cual la cantidad de desorden en el universo aumenta con el tiempo. En la física, el proceso de la producción puede verse como la transformación de baja entropía —materias primas— en alta entropía —residuos y polución—. En este proceso se degrada la energía disponible. Por consiguiente, cuando la producción se repite periodo tras periodo, aunque fuese a la misma escala, la capacidad del sistema de producción también se degrada. En el proceso de la producción, los minerales y otras fuentes de energía se agotan; también se agotan los recursos de la tierra agrícola a través del cultivo continuo, aunque la energía solar es libre y no se agota. En suma, a la larga, este postulado económico contradice la ley de la creciente entropía en el tiempo o Ley de la Entropía. Puede ser válido, como aproximación, solo en periodos cortos.

*El postulado de escasez.* Este postulado afirma que el deseo humano por los bienes es ilimitado, pero los recursos para producirlos son limitados. La proposición sobre el deseo humano de bienes es consistente con las propensiones humanas postuladas en la biología. «Todo organismo viviente, desde las bacterias hasta las plantas y animales, están dedicados a la búsqueda de algo. En los humanos, la propensión a la búsqueda está amplificada» (Pasternak 2003). Las plantas buscan la luz del sol y tienen la tendencia a crecer hacia él porque el sol es su única fuente de energía; los microbios nadan hacia una fuente de comida; los científicos investigan buscando el conocimiento.

La propensión humana para la búsqueda no es solo «amplificada», sino es ilimitada; es decir, los humanos pueden buscar comida y agua para sobrevivir, así como pueden buscar arte y conocimiento científico para desarrollarse intelectualmente. El psicólogo Abraham Maslow (1970) propuso que las necesidades humanas están jerárquicamente ordenadas, lo que es consistente con la teoría de la búsqueda de la biología. Ambas teorías pueden ser transformadas en una teoría económica del ordenamiento lexicográfico de las preferencias individuales para los bienes. Esto es lo que se ha hecho en este libro.



La economía estándar usualmente supone que los factores de producción primarios son solo el capital físico y el capital humano. Si la economía tuviera más de ambos, podría producir mayores cantidades de bienes, con lo cual implícitamente supone que los recursos naturales son factores redundantes.

De acuerdo con la física, la relación es justamente al revés: los recursos naturales constituyen los factores primarios de producción. Todo puede ser producido, excepto los recursos naturales. La dotación de energía y materia de la humanidad están dadas. La escasez de largo plazo está dada por el tamaño de la Tierra. Pero los recursos naturales son degradados en el proceso de producción —debido a La Ley de la Entropía—. Por ejemplo, el carbón puede ser quemado una sola vez; el petróleo puede ser usado una sola vez. De otro lado, dado el tamaño de la Tierra, la Ley de la Entropía es la causa última de la escasez en la producción de bienes.

El mismo proceso de la producción es visto de distinta manera en cada ciencia. En el proceso económico se produce no solo *bienes*, sino también otros «productos» que igualmente salen del proceso, como desechos, basura y contaminantes del medio ambiente. La teoría económica estándar hace abstracción de estos últimos. La física, en cambio, considera como producto todo lo anterior. La Ley de la Entropía o, más propiamente, la teoría de la entropía predice, por lo tanto, que el ambiente físico será degradado en el proceso de producción de bienes. Esto es consistente con lo que nosotros observamos. Después de un período largo de crecimiento del producto mundial, el planeta Tierra está experimentando ya un problema de contaminación. La Ley de la Entropía es ignorada en la economía estándar, pero la realidad ha mostrado que esta ley es demasiado importante como para ser ignorada.

En el largo plazo, existe un dilema fundamental entre la producción presente y la producción futura. Las preferencias de la población actual son por más bienes ahora que para las generaciones futuras. Esta motivación queda revelada por la obsesión con que firmas, hogares, gobiernos, organizaciones multilaterales actúan y demandan

maximizar el crecimiento del producto actual. No existe ningún mecanismo de precios que pueda resolver este dilema, este problema económico fundamental de la especie humana, pues las preferencias de las generaciones futuras no cuentan. Y, lamentablemente, la madre naturaleza no tiene cajero. Debido a esta inconsistencia entre las teorías de la economía y las ciencias naturales, no existe unidad del conocimiento —todavía— entre las ciencias.

*El postulado de incertidumbre.* Este postulado afirma que los humanos enfrentan percances aleatorios a las dotaciones de sus recursos. Parte de estos percances vienen de la sociedad misma y parte proviene de la madre naturaleza, como inundaciones, sequías, terremotos y epidemias. Estas variables exógenas son el resultado de sistemas caóticos que existen en el mundo físico o en el mundo biológico.

Este postulado es consistente con lo que sostienen las teorías modernas de la física. Con el desarrollo de la teoría cuántica, la física es ahora una disciplina más compleja que antes, pues las relaciones en el mundo subatómico son imprevisibles o inciertas. El ganador del Premio Nobel, Ilya Prigogine (1997) ha escrito un libro con el sugestivo título de *The End of Certainty* (que podría traducirse como (El fin de la certeza en la física) en el cual presenta la nueva complejidad de la física. La física está volviéndose una ciencia más compleja, más cercana a la economía.

Los otros postulados de la ciencia económica —institucionalidad, racionalidad y las condiciones iniciales— no contradicen teorías de la física o de la biología. Entonces, la economía, la biología y la física podrían ser consideradas ciencias complementarias, que podrían generar una teoría unificada, si solo la Ley de la Entropía fuera integrada en la economía. Algunos progresos han sido hechos en esta dirección, como el realizado por el economista Georgescu-Roegen (1971), considerado como uno de los pioneros en este campo.

Las comparaciones hechas entre la economía, la física y la biología pueden resumirse como sigue. Sobre la naturaleza del proceso que estudian, la economía se parece más a la biología que a la física, pues los procesos económicos y biológicos asumen la existencia de variables

exógenas. Sobre el universalismo ontológico, solo la física puede suponer un mundo único y una teoría única; la economía y la biología son ciencias con teorías parciales y unificadas. Sobre la metodología, las tres ciencias pueden utilizar la epistemología de la falsación popperiana para refutar las teorías; sin embargo, la física no puede utilizar el método alfa-beta, pues en el proceso físico no existen variables exógenas. Sobre las mediciones, la economía es diferente de la física y la biología. Ningún instrumento como el microscopio, telescopio o espectroscopio existe en la economía. Las mediciones en la economía son relativamente imperfectas.

Finalmente, sobre la unidad de conocimiento entre estas ciencias, las teorías en la economía, en la física y en la biología son fundamentalmente consistentes entre ellas. Existe una excepción importante, sin embargo. La ciencia económica ignora el efecto de la Ley de la Entropía en el proceso económico. La teoría económica del crecimiento supone que el crecimiento del producto puede ser perpetuo, pero La Ley de la Entropía niega esta posibilidad.