

# EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS XIV JORNADAS

VOLUMEN 10 (2004), Nº10

Pío García

Patricia Morey

Editores



ÁREA LOGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



# Confirmación, falsación y progreso

Adriana Spehns\*

## Presentación

En "An Ideal Model for the Growth of Knowledge in Research Programs",<sup>1</sup> Aharon Kantorovich procura dar cuenta del incremento de conocimiento en sistemas científicos dinámicos concebidos como programas de investigación lakatosianos idealizados. En esta comunicación se examina críticamente el criterio de confirmación cuantitativa propuesto por el autor para distinguir entre cambios teóricos progresivos y degenerativos en este tipo de programas. En particular, se cuestiona la adecuación de los diferentes conceptos de probabilidad involucrados en este criterio. Finalmente, se concluye que la propuesta de Kantorovich es inviable e incluso ajena a las tradiciones con las que pretende estar vinculada.

## La propuesta de Kantorovich

Con el propósito de conciliar las intuiciones básicas del falsacionismo popperiano y del inductivismo bayesiano, Kantorovich formula un criterio de confirmación según el cual el grado de confirmación de un programa de investigación científica se incrementa cuando el contenido empírico del programa aumenta más rápidamente que el teórico. Al asociar la progresividad empírica del programa con el incremento de su confirmación, este criterio permite distinguir cambios progresivos de cambios puramente *ad hoc* en el cinturón protector del programa. Además, este criterio tiene como casos límite tanto la falsación popperiana como la confirmación estática inductivista. Así, según Kantorovich, su criterio evidencia que la ciencia progresa del modo descrito por Popper, aunque también aprendemos inductivamente de la experiencia como sostienen los bayesianos.

El concepto de probabilidad 'P(...)' involucrado en este criterio confirmación es caracterizado como una probabilidad bayesiana subjetiva, y definido como el producto de dos factores  $P(\dots) = P_c(\dots) \cdot P_m(\dots)$ , cada uno de los cuales es una función probabilística. El primer factor 'P<sub>c</sub>(...)' es, según Kantorovich, la "probabilidad popperiana" de un enunciado, pues es una medida de su contenido empírico, es decir:  $P_c(H_i) = 1 - \text{Cont}(H_i)$ . El segundo factor 'P<sub>m</sub>(...)' es otra función de probabilidad bayesiana subjetiva que mide la plausibilidad o grado de creencia que un agente racional atribuiría a un enunciado, de acuerdo con ciertas convicciones metafísicas. Esta función refleja la influencia de ciertos factores "externos" durante los periodos revolucionarios, cuyo papel es mínimo en las etapas de ciencia normal. Así, cuando se produce un cambio teórico dentro de un programa de investigación, la plausibilidad P<sub>m</sub>(...) de cada una las teorías sucesivas del programa permanece invariante. En consecuencia, la probabilidad subjetiva  $P(H_i) = P_c(H_i) \cdot P_m(H_i)$  -producto de la plausibilidad y la probabilidad popperiana- variará en el mismo sentido que la probabilidad popperiana P<sub>c</sub>(H<sub>i</sub>), disminuyendo al incrementarse el contenido empírico de la teoría. Entonces, dadas dos teorías sucesivas de un mismo programa de investigación, un agente racional adjudicará

\* Universidad de Buenos Aires.

cará una probabilidad subjetiva  $P(H_i)$  menor a aquella teoría que agregue mayor información empírica a su conocimiento actual -a la de mayor contenido empírico, i.e. menor probabilidad popperiana  $P_c(H_i)$ -. Esta posibilidad de considerar el contenido empírico independientemente de los demás factores del marco conceptual y metafísico al que pertenecen las teorías está garantizada, según el autor, si las teorías pertenecen a un mismo programa de investigación científica -si cada una de ellas se obtuvo mediante una modificación en el conjunto de supuestos auxiliares de la teoría precedente que no alteró ni la heurística ni el núcleo firme del programa-. En contraste, cuando se cambia un programa de investigación por otro, cambiarán ciertas convicciones metafísicas, alterándose la plausibilidad  $P_m(H_i)$ . En consecuencia, la probabilidad subjetiva  $P(H_i)$  de las teorías no se modificará en sentido inverso a la variación de su contenido empírico.

Kantorovich sostiene que la probabilidad subjetiva  $P(\dots)$  de los enunciados observacionales, al igual que la de las teorías de un mismo programa de investigación, varía en sentido inverso a su contenido informativo, i.e. en el mismo sentido que su probabilidad popperiana.<sup>2</sup> Pues, según el autor, no puede haber diferencias en las concepciones metafísicas vinculadas a los distintos enunciados observacionales de un mismo programa de investigación, ya que todos están expresados en el lenguaje observacional de ese programa. En suma, como la plausibilidad de los enunciados observacionales asume un valor constante  $P_m(E_i)=k$ , y como la probabilidad popperiana es el complemento del contenido informativo  $P_c(E_i)=1-\text{Cont}(E_i)$ , entonces la probabilidad subjetiva es proporcional a este complemento  $P(E_i)\approx 1-\text{Cont}(E_i)$ .

Conviene señalar que la noción de probabilidad subjetiva  $P$  involucrada en el criterio de confirmación que analizamos no es estática. Pues, en la aplicación de este criterio, Kantorovich asume el siguiente supuesto dinámico bayesiano: si la única razón para modificar nuestro grado de creencia en una teoría  $H$  es la obtención de una nueva evidencia descrita por un enunciado  $E$ , entonces un cambio racional de creencias debe fundarse en la probabilidad condicional de  $H$  con respecto a  $E$ . Así, si  $E$  expresa la evidencia obtenida en  $t+1$ ,  $P_{t+1}(E)$  y  $P_t(H)$  son las probabilidades a priori asignadas a la información empírica  $E$  y a la teoría  $H$  respectivamente, en un momento  $t$  anterior a la adquisición de la evidencia  $E$ , y si  $P_t(E/H)$  es la probabilidad condicional de  $E$  con respecto a  $H$ , entonces el grado de creencia  $P_{t+1}(H)$  que un agente racional atribuirá a  $H$  en  $t+1$  debe ser igual a la probabilidad condicional en  $t$  de la teoría con respecto a la evidencia  $P_t(H/E)$ . El Teorema de Bayes establece que  $P_t(H/E)=[P_t(H)\cdot P_t(E/H)]/P_t(E)$ , y como  $P_{t+1}(H)=P_t(H/E)$ , resulta que  $P_{t+1}(H)=[P_t(H)\cdot P_t(E/H)]/P_t(E)$ . En el caso en que  $E$  se deduce de  $H$ ,  $P_t(E/H)=1$ , así que la fórmula de Bayes se reduce a  $P_t(H/E)=P_t(H)/P_t(E)$  y la probabilidad subjetiva de  $H$  en  $t+1$  es  $P_{t+1}(H)=P_t(H)/P_t(E)$ .

Según la interpretación bayesiana, debemos asignar una elevada probabilidad a priori a la teoría  $H$  si creemos que es aproximadamente correcta. Así, cuando obtenemos una nueva evidencia empírica de una teoría cuya probabilidad inicial  $P_t(H)$  era ya elevada, su probabilidad a posteriori será aún mayor. Pues, como inicialmente  $E$  no se consideraba un enunciado verdadero, entonces  $P_t(E)<1$ , y como  $E$  se deduce de  $H$ , entonces  $P_t(E)\geq P_t(H)$ . En consecuencia, podemos afirmar

que  $P_t(H/E) > P_t(H)$ . Como el supuesto dinámico establece que  $P_{t+1}(H) = P_t(H/E)$ , se obtiene que  $P_{t+1}(H) > P_t(H)$ . Nótese que, para cualquier teoría, su probabilidad a posteriori  $P_t(H/E)$  será mayor cuanto menor sea la probabilidad de la evidencia  $P_t(E)$  o cuanto más cercano sea su valor al de la probabilidad inicial de  $H$ ,  $P_t(H)$ . En este último caso, si  $H$  tiene una elevada probabilidad inicial, entonces  $E$  no puede ser una consecuencia imprevista de  $H$ , pues no puede atribuirse a  $E$  una probabilidad menor que a  $H$ . Pero si  $H$  era inicialmente poco probable, entonces  $E$  puede ser la predicción de un suceso inesperado.

Por esta razón, Kantorovich propone minimizar la incidencia de los valores de probabilidad inicialmente atribuidos a una teoría, apartándose de la concepción bayesiana y aceptando la sugerencia popperiana de contribuir al incremento del conocimiento eligiendo teorías de gran contenido informativo -i.e. poco probables en el sentido popperiano- y luego someterlas a los tests más severos, contrastando empíricamente aun sus consecuencias más remotas. Así, según el autor, la concepción bayesiana se enriquecería al exponer las teorías a la crítica rigurosa. Pero, además, se obtendría un significativo incremento en la probabilidad a posteriori de una teoría inicialmente poco probable si ésta logra superar una contrastación severa en la que se corrobora la predicción de un fenómeno inicialmente poco probable. Pues, si elegimos teorías inicialmente poco probables y luego resultan corroboradas, se incrementará su grado de confirmación en mayor medida que si elegimos teorías con elevada probabilidad inicial. Así, según Kantorovich, es posible aprender inductivamente de la experiencia, como sostienen los bayesianos, pero minimizando la incidencia de las consideraciones a priori.

Kantorovich concibe los programas de investigación científica como sistemas dinámicos integrados por un componente empírico  $E$  -una sucesión de enunciados observacionales  $E_1, E_2, \dots, E_n$ , cada uno de los cuales tiene mayor contenido informativo que su predecesor- y un componente teórico  $H$  -una secuencia de teorías  $H_1, H_2, \dots, H_n$ -. El componente  $H$  es una función cuyos valores son las teorías  $H_i$  formuladas sucesivamente para ajustar deductivamente  $H$  al desarrollo creciente del componente  $E$ . Supongamos que se obtiene un dato empírico  $e_1$ , inexplicable en el estado inicial  $t$  de conocimiento anterior a la adquisición de  $e_1$ , así que  $P_t(e_1) < 1$ . Entonces, el programa de investigación se iniciaría al conjeturarse una hipótesis  $H_1$  que explique  $e_1$  además de otros fenómenos relevantes ya observados en  $t$ . Si  $E_1$  es la conjunción de toda la evidencia empírica -incluida  $e_1$ - que  $H_1$  explica, entonces  $P_t(E_1) < 1$ . En el caso ideal de que  $H_1$  implique  $E_1$ , la probabilidad inicial de  $H_1$  será  $P_t(H_1) < 1$ . Si al contrastar empíricamente  $H_1$  obtenemos nueva evidencia expresada en  $e_2$ , cuya conjunción con  $E_1$  da lugar a  $E_2$ , entonces  $E_2$  contendrá más información que  $E_1$  y  $P_t(E_2) < P_t(E_1)$ . Si  $E_2$  no se deduce de  $H_1$ , se reemplazará  $H_1$  por  $H_2$  de modo tal que  $H_2$  implique  $E_2$ . Así, la probabilidad inicial en  $t$  de  $H_2$  debe cumplir con la restricción  $P_t(H_2) < P_t(E_2)$ . Cuando se contraste empíricamente  $H_2$  y se obtenga una nueva evidencia  $e_3$ , este proceso se reiterará de modo que, en cada etapa, el contenido teórico  $H$  se ajuste deductivamente al contenido empírico  $E$ . Así, en un programa de investigación ideal,  $P(E_i/H_i) = 1$  para todo  $i$ .<sup>3</sup>

Con el propósito de describir cuantitativamente algunas de las características metodológicas del desarrollo de este tipo de programas, Kantorovich representa

su evolución en función de dos variables probabilísticas  $x=P(H)$  e  $y=P(E)$ . Luego define el grado de confirmación de un programa de investigación científica en términos del campo escalar  $C(x,y)=x/y$ , como la probabilidad condicional  $P(H/E)$  del componente teórico  $H$  con respecto al componente empírico  $E$  —es decir, la probabilidad a posteriori de  $H$ —. Esta definición sólo es aplicable a programas de investigación ideales en los que, en cada etapa,  $E$  se deduce  $H$ .

Kantorovich establece como criterio de confirmación que  $E$  confirma  $H$  si y sólo si  $P(H/E)$  aumenta cuando crece el contenido del componente  $E$ .<sup>4</sup> Calculando el diferencial total del campo escalar  $C$ ,  $\Delta C(x_1,y_1)=(\Delta x - C_1 \Delta y)/y_1$  en el punto  $(x_1, y_1)$  —punto que representa un cierto grado de confirmación inicial  $C_1=x_1/y_1$ — se determina la variación del grado de confirmación del programa de investigación en los siguientes casos<sup>5</sup>:

- (1)  $\Delta x > \Delta y = 0$ ; es decir:  $\Delta P(H) > \Delta P(E) = 0$ . Esto sucede cuando la misma información que  $H_1$  explicaba también es explicada por  $H_2$  que, sin embargo, contiene menos información que  $H_1$ , proporcionando una explicación más económica sin incrementar el contenido empírico del programa.<sup>6</sup>
- (2)  $\Delta x > 0$  y  $\Delta y < 0$ ; es decir:  $\Delta P(H) > 0$  y  $\Delta P(E) < 0$ . Este caso representa un cambio *ad-hoc* tal como la adición de un parámetro libre, efectuado para que el programa se ajuste a una nueva evidencia que  $H_1$  no podía explicar. Pero la nueva teoría  $H_2$  explica la evidencia refutadora de  $H_1$  sin originar nuevas predicciones empíricamente testeables y sin que haya aumentado la precisión de las mediciones. Así,  $H_2$  tiene menos potenciales falsadores que  $H_1$ , de modo que  $P(H_2) > P(H_1)$ .
- (3)  $\Delta x = 0$  y  $\Delta y < 0$ ; es decir:  $\Delta P(H) = 0$  y  $\Delta P(E) < 0$ . Esto ocurre cuando aumenta la información empírica porque  $H_1$  supera exitosamente nuevas contrastaciones. Esta situación corresponde a la confirmación estática inductivista de una teoría  $H_1$  por el descubrimiento de nueva evidencia positiva.
- (4)  $\Delta x < 0$  y  $\Delta y < 0$ ; es decir:  $\Delta P(H) < 0$  y  $\Delta P(E) < 0$ . En este caso,  $H_1$  se reemplaza por otra hipótesis  $H_2$  de mayor contenido empírico —i.e.  $P_1(H_2) < P_1(H_1)$ — y  $H_2$  explica una nueva evidencia  $e_2$  que  $H_1$  no explicaba.
- (5)  $\Delta x < 0$  y  $\Delta y = 0$ ; es decir:  $\Delta P(H) < 0$  y  $\Delta P(E) = 0$ . Aquí tenemos un incremento del contenido informativo del componente teórico  $H$  que no reporta un aumento de la cantidad de información empírica explicada por  $H$ . Esto puede suceder cuando  $H_1$  no puede superar una contrastación empírica ni siquiera incrementando su contenido de manera consistente con el núcleo firme del programa, o cuando se agrega contenido empírico pero la técnica experimental disponibles no permite contrastar las nuevas predicciones.

Para evaluar la variación del grado de confirmación se analiza el signo del diferencial de  $C$  en  $(x_1, y_1)$ , determinado por el término " $\Delta x - (C_1 \Delta y)$ ", resultando que:

- en los casos (1) y (2) aumenta el grado de confirmación  $\Delta C > 0$ , pero este incremento no es síntoma de cambio progresivo, pues como  $\Delta P(H) > 0$ , la nueva teoría es más probable que su predecesora, i.e. tiene menos contenido informativo que aquella.

- en el caso (4), si  $\Delta x/\Delta y < C_1$ , la confirmación aumenta  $\Delta C > 0$ . Es decir, hay un cambio progresivo pero si y sólo si se satisfacen las condiciones  $\Delta C > 0$  y  $\Delta x/\Delta y = \Delta C < C_1$ .<sup>7</sup> Esto significa que, en el proceso de ajuste de H a E, dada una cierta tasa de crecimiento empírico, debe haber un límite superior para la tasa de crecimiento teórico.
- en el caso (4), si  $C = C_1$ , la confirmación permanece constante  $\Delta C = 0$  y si  $\Delta x/\Delta y > C_1$ , la confirmación decrece  $\Delta C < 0$ . Esta situación extrema representa un cambio *ad hoc*, un cambio que reflejar su estancamiento, pues la nueva teoría capaz de explicar todo lo explicado por su predecesora y también la evidencia refutadora de aquella, no permite inferir nuevas predicciones empíricamente contrastables. Puede considerarse este caso como señal de la conveniencia de reemplazar el núcleo firme del programa, aunque no haya ocurrido una falsación en el sentido popperiano.
- (3) es un caso límite de (4), y refleja la confirmación estática clásica  $\Delta C = 0$ , pero  $\Delta x/\Delta y < C_1$ .
- en el caso (5) decrece el grado de confirmación  $\Delta C < 0$ . Tenemos aquí un cambio degenerativo, pues el incremento de información del componente teórico H no reporta una ganancia de contenido empírico.

Así, este modelo permite distinguir un cambio puramente ad-hoc en el cinturón protector del programa de investigación, de un cambio degenerativo y de uno progresivo, en el cual la nueva teoría no sólo explica la evidencia refutadora de su predecesora sino que además agrega nueva información empíricamente contrastable.

### Dificultades de la propuesta analizada

En primer lugar, conviene señalar que carece de justificación la identificación del concepto de probabilidad supuestamente popperiano  $P_c(\dots)$  involucrado en este criterio de confirmación y el concepto auténticamente popperiano de probabilidad lógica -entendido como el complemento del grado de falsabilidad de un enunciado-. Pues, si bien ambos conceptos se definen en función del contenido empírico de un enunciado, la caracterización popperiana de esta noción difiere de la proporcionada por Kantorovich. Kantorovich no identifica el contenido empírico de un enunciado con el conjunto de sus potenciales falsadores -como hace Popper-, sino con el conjunto de aquellos potenciales falsadores que aún no se consideran falsos. En consecuencia, el contenido empírico de un enunciado, y su probabilidad supuestamente popperiana  $P_c(\dots)$  son características relativas a una cierta situación cognoscitiva. Esta relatividad epistémica -completamente ajena a las nociones genuinamente popperianas de contenido empírico y probabilidad lógica- impide comparar las probabilidades supuestamente popperianas de los enunciados del mismo modo que Popper propone comparar sus probabilidades lógicas.

Aunque las nociones de contenido empírico empleadas por ambos autores fueran idénticas, es importante recordar que esta teoría popperiana de la medida del contenido empírico de los enunciados es incompatible con su convicción de que la probabilidad de cualquier hipótesis universal es nula.<sup>8</sup> Pues, de acuerdo

con la definición de probabilidad en términos del contenido empírico, si dos hipótesis universales  $H_1$  y  $H_2$  son tales que el contenido empírico de  $H_1$  es mayor que el de  $H_2$ , entonces la probabilidad de  $H_2$  debería ser menor que la de  $H_1$ . Pero Popper admite que los conjuntos de los potenciales falsadores correspondientes a cada una de las hipótesis tienen idéntico cardinal: son conjuntos infinito numerables.<sup>9</sup> Popper consideró la posibilidad de comparar el contenido empírico de las hipótesis apelando a la dimensión de los ámbitos correspondientes a las hipótesis.<sup>10</sup> La dimensión del ámbito de una hipótesis está determinada por el grado de composición de los enunciados básicos que incluye. Así, la improbabilidad o grado de falsabilidad de una hipótesis podría establecerse averiguando cuál es el grado de composición mínimo que debe tener un enunciado básico para contradecir esa hipótesis. Pero Popper juzgaba imprescindible disponer de predicados absolutamente atómicos para establecer grados absolutos de composición de enunciados básicos. Pues sólo en este caso podrían determinarse los grados absolutos de contenido empírico que permitieran comparar las probabilidades lógicas de las teorías. Sin embargo, Popper consideraba inútil toda tentativa de elaborar sistemas lingüísticos artificiales que estipulen un conjunto de predicados absolutamente atómicos.<sup>11</sup> Además, Popper reconocía que toda tentativa de comparar hipótesis mediante una métrica del contenido -o del ámbito- de los enunciados supone la consideración de factores extralógicos. Pues toda métrica del contenido de un enunciado es función de una métrica de los predicados, que requiere la inclusión de supuestos extralógicos, e incluso arbitrarios.<sup>12</sup>

Tampoco está exento de dificultades el concepto de probabilidad subjetiva  $P(\dots)$  involucrado en el criterio de confirmación de Kantorovich, probabilidad que está definida como el producto de dos funciones probabilísticas de diversa índole, una supuestamente popperiana  $P_c(\dots)$  y otra subjetiva: la plausibilidad  $P_m(\dots)$ . En efecto, como el autor no prueba la independencia de cada uno de estos dos factores  $P_c(\dots)$  y  $P_m(\dots)$ , no es evidente que su producto  $P(\dots)$  pueda considerarse una función probabilística susceptible de ser bayesianamente interpretada. De todos modos, la sola tentativa de demostrar que el producto de  $P_c(\dots)$  y  $P_m(\dots)$  satisface los axiomas del cálculo de probabilidades requiere haber resuelto previamente la cuestión de cuál es la probabilidad popperiana  $P_c(\dots)$  de un enunciado. Pero, a la luz de las dificultades suscitadas en torno de la noción supuestamente popperiana de probabilidad que ya mencionamos, no parece que esta cuestión pueda resolverse. En consecuencia, tampoco podrá probarse que el producto  $P_c(\dots) \cdot P_m(\dots)$  sea una función probabilística susceptible de interpretación bayesiana.

Conviene señalar, además, que el empleo de la regla de condicionalización bayesiana para la actualización nuestras creencias ante la adquisición una nueva evidencia carece de justificación incondicional. Esta regla puede justificarse mediante un argumento *Dutch Book* pero sólo si se supone que al conocer una nueva evidencia nuestras probabilidades condicionales relativas a esta evidencia permanecerán invariantes. Pero el autor no proporciona criterios para establecer en qué casos el producto de  $P_c(\dots)$  y  $P_m(\dots)$  da como resultado una función de probabilidad tal que, aplicada a la condicionalización de hipótesis con respecto a una nueva evidencia, permanecerá invariante. Más aun, la circunstancia de que el valor de la probabilidad  $P_c(\dots)$  de un enunciado varíe al modificarse nuestra situa-

ción cognoscitiva –al cambiar la medida del conjunto de sus potenciales falsadores que aún no se consideran falsos– torna más incierta la supuesta invariancia de las probabilidades condicionales relativas a una nueva evidencia. En otras palabras, la regla de condicionalización bayesiana sólo está justificada en tanto regla sincrónica, pero Kantorovich la aplica como una regla diacrónica.

### **Bibliografía:**

- Grünbaum, A., "Is Falsifiability the Touchstone of Scientific Rationality? Popper vs. Inductivism", *Essays in Memory of Imre Lakatos*, Cohen et al. ed, D. Reidel, Dordrecht Holland, 1976.
- Howson, C. & Urbach, P. *Scientific reasoning: The bayesian approach*, Open Court, Chicago, 1993.
- Kantorovich, A., "An Ideal Model for the Growth of Knowledge in Research Programs", *Philosophy of Science*, 45, 1978
- Lakatos, I., *The Methodology of Scientific Research Programmes. Philosophical Papers*, vol. I, Worral & Currie eds, Cambridge University Press
- Popper, K., *Logik der Forschung*, Springer, Viena, 1934. Trad. cast: *La lógica de la investigación científica*, Tecnos, Madrid, 1980
- Popper, K., *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*, Routledge and Kegan Paul, London, 1965
- Popper, K., *Objective Knowledge. An Evolutionary Approach*, Oxford, Clarendon Press, 1972

### **Notas**

- 1 Kantorovich, 1978, pp. 250-272
- 2 Es decir, si  $P(E1) > P(E2)$ , entonces  $\text{Cont}(E1) < \text{Cont}(E2)$ .
- 3 Un enunciado universal sólo implica enunciados singulares de forma condicional y E contiene enunciados singulares no condicionales, de modo que E no se deduce estrictamente de H, pero Kantorovich considera que desde la perspectiva bayesiana subjetiva igualmente esperamos que  $P(E/H) = 1$  si de H se deduce el enunciado condicional correspondiente.
- 4 Es decir, con el incremento de información empírica: aumento del número de instancias positivas, o de la variedad o cuanto menor es el grado de expectabilidad de los datos empíricos.
- 5 Los casos en que  $\Delta y \leq 0$  no se toman en cuenta pues sólo se consideran relevantes aquellos en los que la probabilidad del componente empírico no aumenta  $\Delta P(E) \leq 0$ . En efecto, sólo interesa analizar qué ocurre cuando el contenido de E no disminuye –i.e. su probabilidad no aumenta– al pasar de  $E_i$  a  $E_{i+1}$ .
- 6 Esto puede suceder cuando se descubre que alguno de los nuevos supuestos de  $H1$  pueden ser derivados de las teorías ya aceptadas, o cuando descubrimos que no necesitamos alguno de los nuevos supuestos de  $H1$  para explicar  $E1$ .
- 7 Según el autor, aquí se refleja la severidad de los tests que superó la nueva teoría. Kantorovich enfatiza que el incremento de la confirmación es resultado de la severidad de los tests relacionados con el cambio teórico  $\Delta x$ , y no de la anticipación de los datos empíricos. Si  $\Delta x$  es elevado y el  $\Delta y$  relacionado con esos tests es pequeño en comparación con  $\Delta x$ , entonces el grado de confirmación aumentará muy poco aunque los datos empíricos se obtuvieran después de deducir las predicciones correspondientes.
- 8 Grünbaum, 1976, pp. 230-232.
- 9 Popper renuncia a la posibilidad de comparar estos conjuntos mediante la relación de subclasificación, pues tal tentativa es impracticable cuando los se intersecan o son disjuntos.
- 10 El ámbito de una hipótesis es el conjunto de los enunciados básicos compatibles con ella, de modo que las nociones de ámbito y de contenido empírico de un enunciado son complementarias. En consecuencia, los ámbitos de los enunciados están en relación directa con sus probabilidades lógicas.
- 11 Entre otras razones porque, según Popper, los científicos cambian constantemente su lenguaje pues el significado de los conceptos es una función de la teoría que los incluye, y éstas cambian permanentemente.
- 12 Popper, 1934, cap. 6.