

EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS VIII JORNADAS

VOLUMEN 4 (1998), Nº 4

Horacio Faas

Luis Salvatico

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



La carga teórica y la observación de objetos posibles*

Hernán Miguel**

Guillermo Pissinis**

1. Introducción

Eso que llamamos “nuestro conocimiento del mundo” es una mixtura de datos y procesos de inferencia. En la ciencia esa dualidad se expresa a veces como una diferencia entre ciencia experimental y ciencia teórica, a veces como una separación metodológica que se da entre la etapa de recolección de datos y la etapa de construcción de teorías.

Esto se ha expresado en la filosofía de la ciencia con diversas terminologías y ha sido y es la fuente de muchos de los problemas que los filósofos discuten en relación al alcance y validez del conocimiento científico. Uno de esos problemas es el de la dicotomía observable/teórico. Desde los intentos del positivismo lógico por trazar una línea lo más clara posible entre un lenguaje de observación y un lenguaje teórico mucho se ha dicho y discutido acerca de cuán válida puede ser esta dualidad de lenguaje. ¿Hay un dominio donde el lenguaje sea teóricamente neutro? O, por el contrario, ¿está toda observación “cargada de teoría”?

No es nuestra intención discutir ni siquiera reseñar un *status questionis* de un problema donde han tallado discutidores que van desde Popper a Hanson, ni pretendemos pacificar un terreno de batalla donde se enfrentan empiristas recalcitrantes con convencionalistas a ultranza, y en donde todavía sigue viva la polémica entre realistas e instrumentalistas.

El problema que sí nos interesa es el de saber qué ocurre cuando los científicos usan expresiones como “se observa que...” o “se puede ver que...” cuando lo que completa estas frases es algo observado con la ayuda de un instrumento.

Partimos de un hecho que es lo menos controvertible de toda la cuestión: nuestro contacto físico con el mundo externo es limitado, es decir, sólo percibimos los estímulos que caen dentro de un rango de valores para el cual tenemos receptores sensoriales. Por ejemplo, vemos objetos entre tal y tal tamaño u oímos sonidos dentro de tales frecuencias y tales intensidades.

* Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto de investigación que dirige Eduardo H. Flichman y codirige Horacio Abeledo, con subsidio otorgado por UBACyT. Agradecemos a Eduardo Flichman y especialmente a Jorge Paruelo, miembro del equipo de investigación, las sugerencias aportadas durante la elaboración de este trabajo.

** UBACyT - CBC, UBA

En un comienzo, el desarrollo tecnológico parece haber sido más prolífico cuando estaba ligado a la capacidad de ampliar un estímulo, por ejemplo, por medio de instrumentos ópticos como microscopios y telescopios. El desarrollo científico nos suministra tecnología para ampliar nuestra capacidad perceptiva, es decir, nos permite hacer observable aquella "entidad teórica" que lo era tan sólo por que no se la podía observar en algún momento determinado por falta de instrumental.

¿Pero qué pasa cuando la tecnología instrumental no sólo modifica la información proveniente del objeto de manera de hacerla sensorialmente accesible, sino que además transforma la manera en que dicha información puede estimular algún receptor para volverlo así un estímulo que caiga dentro del rango de valores accesibles a nuestros receptores?

Un caso así ocurre cuando el científico dice observar la estructura de una molécula de ADN usando un microscopio electrónico que no nos da información del objeto permitiéndonos percibir los fotones que van desde la fuente hasta nuestras retinas, sino a través de un patrón de interferencia de electrones.¹

Podríamos distinguir entonces dos clases de tecnología instrumental: una de tipo ampliatoria (microscopio o telescopio), y otra de tipo transductora. Esta última tecnología debe resolver el problema de crear una interfaz porque no existe en el organismo humano un receptor para determinado estímulo tal como éste se da al interactuar con la naturaleza. Ejemplos de este último tipo son los amperímetros, voltímetros y tomógrafos.

Dentro del dominio de la observabilidad se vuelve problemático determinar qué es lo que se observa según que se use una tecnología instrumental ampliatoria o una transductora. Si recordamos cuán poco dispuestos estaban los aristotélicos a creerle a Galileo cuando decía observar por medio de su recién modificado telescopio los cráteres de la Luna o las manchas solares —aberraciones que sus adversarios atribuían al demonio— no podemos negar que cualquiera sea el instrumental usado, éste introduce un grado de carga teórica ineludible en el análisis del dato. Sin embargo en el caso de la tecnología ampliatoria el dato guarda cierta cercanía con el objeto observado. De manera muy general podríamos decir que la tecnología ampliatoria produce en el observador un dato sensorial que es isomórfico² con la propiedad del objeto observado.

¹ Este es un ejemplo que desarrolla ampliamente Peter Kosso (1988).

² Los términos "isomórfico" e "isomorfismo" serán usados en un sentido no matemático. Lo que interesa rescatar es la noción de *similitud de forma*.

2. ¿Cuál es la carga teórica de la observación?

En lo que sigue nos vamos a ocupar solamente de la carga teórica asociada a las observaciones realizadas con ayuda de algún instrumento o técnica de detección.

Cuando un objeto no es observable sino con ayuda de algún instrumental, solemos decir que las observaciones contienen carga teórica ya que para poder asegurar que observamos ese objeto debemos aceptar la teoría que describe y asegura tanto el funcionamiento del instrumental como la relación de las variables tal como las registra el aparato con las propiedades específicas del objeto.

Podemos sintetizar el funcionamiento de un instrumento de medición que se utiliza para observar una característica de un objeto, diciendo que cuando el objeto O toma el valor x para la propiedad P , podemos observar (directamente) que el instrumento de medición M toma el valor y para la propiedad Q . Es decir que para el estado inicial del objeto $\langle O, x \rangle$ corresponde un estado final en el aparato $\langle M, y \rangle$.³

Por ejemplo, cuando medimos con un amperímetro la corriente en un circuito, registramos que la aguja se detiene en un punto intermedio de la escala. Este estado de la aguja es $\langle M, y \rangle$. Creemos que este estado se debe a que en el circuito se ha establecido una determinada corriente $\langle O, x \rangle$.

Hemos de suponer que existe una conexión nomológica entre $\langle M, y \rangle$ y $\langle O, x \rangle$ de modo que siempre que se da el estado $\langle O, x \rangle$, se produce en el aparato el estado $\langle M, y \rangle$. Es decir que existe una función que va de los estados $\langle O, x \rangle$ a los estados $\langle M, y \rangle$.

La teoría que contiene estas leyes es la que aceptamos como correcta para poder decir que observamos $\langle O, x \rangle$ cuando en realidad acabamos de registrar $\langle M, y \rangle$.

Sin embargo no es sólo esto lo que constituye la carga teórica de la observación con ayuda de instrumental. También es necesario aceptar que existe una función que a cada estado del medidor ($\langle M, y \rangle$) le corresponde un estado del objeto y sólo uno ($\langle O, x \rangle$). Es decir que la carga teórica consiste en aceptar que existe una función biyectiva entre los estados del objeto y los del aparato.⁴

3. La metamorfosis de la información

Supongamos que utilizamos un aparato para observar el estado $\langle O, x \rangle$ en el objeto. Esto significa que nuestro aparato nos provee un registro $\langle M, y \rangle$ como dijimos antes.

Podemos graficar la relación entre los estados $\langle O, x \rangle$ del objeto y los estados $\langle M, y \rangle$ del aparato teniendo en cuenta que la gráfica debe ser la de una función biyectiva y monótona (fig. 1).

³ Nuestra convención es una adaptación de la usada por P. Kosso (1988).

⁴ Al menos en el rango en el que ese aparato se utiliza para observar al objeto.

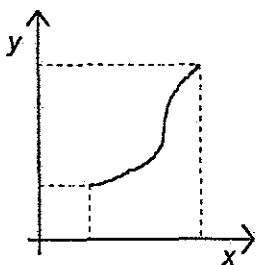


figura 1

Vemos que al pedir que la función sea monótona y biyectiva en el tramo en el que se utiliza el aparato para observar los estados $\langle O, x \rangle$ del objeto, el orden que existía entre esos estados se mantiene entre los correspondientes estados $\langle M, y \rangle$ del aparato. Pero no se asegura nada más que esto. Las “distancias” entre los puntos se *distorsionan* con la transformación.

Ha ocurrido una transformación de la información. En vez de contar con la información en la forma del estado $\langle O, x \rangle$, ahora contamos con la misma información pero presentada como el estado $\langle M, y \rangle$. El mismo hecho de aceptar la biyectividad de la función, garantiza que la información que se tiene sea la misma aunque se presente con otro aspecto.

Esta transformación podría darse de tal manera que no solamente se reproduzca el orden de los estados $\langle O, x \rangle$ en los correspondientes estados $\langle M, y \rangle$ sino también la comparación de sus intervalos. Es decir que si entre tres valores de x , digamos x_1 , x_2 y x_3 , encontramos que el intervalo $x_3 - x_2$ mide el doble que $x_2 - x_1$, también encontremos que se cumple que el intervalo $y_3 - y_2$ mide el doble que el intervalo $y_2 - y_1$. Esto se logra si la transformación es una función lineal, es decir que los estados puedan obtenerse mediante una función $y = f(x) = ax + b$ como la de la figura 2.

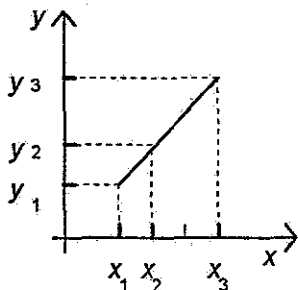


figura 2

Si a su vez se cumple que $b = 0$, entonces también encontraremos que se reproducen las comparaciones típicas de las escalas de proporciones. Por ejemplo si la medida x_3 indicaba el doble de cantidad que x_2 , entonces será cierto que y_3 indicará el doble que y_2 .

Finalmente analicemos la constante a . Según que el valor de la constante a sea mayor que 1, menor que 1 o igual a 1, la escala en el eje y estará amplificadas, comprimida o será equivalente a la escala del eje x respectivamente.

4. La amplificación y la transducción

En general el estado $\langle M, y \rangle$ que registramos en el aparato no tiene por qué pertenecer a la misma familia de estados a la que pertenece el estado $\langle O, x \rangle$ del objeto. En nuestro ejemplo, la posición de la aguja del amperímetro no es un estado de corriente eléctrica más sino que es otro tipo de estado.

Sin embargo puede haber aparatos para observar el estado $\langle O, x \rangle$ que nos brinden un estado final $\langle M, y \rangle$ que sí pertenezca a la misma familia de estados. Por ejemplo, podemos observar con un cuenta hilos los detalles de un tejido y en este caso la imagen del tejido obtenida a través del cuenta hilos y la imagen del tejido a simple vista son ambas pertenecientes a una misma familia de estados: las imágenes. Dentro de estos casos se encuentran las imágenes de las galaxias que obtenemos con ayuda de un telescopio o las de una célula o una bacteria que obtenemos mediante un microscopio.

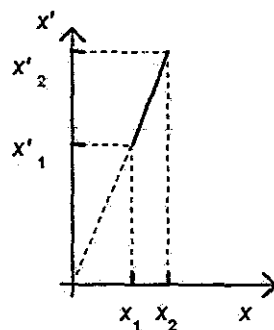


figura 3

En estos casos diríamos que la información ha sido *amplificada* de manera que el estado $\langle O, x \rangle$ se hiciera observable. Podemos pensar que se establece una función entre los elementos de un mismo conjunto $f: A \rightarrow A$. En el caso del microscopio, el telescopio y la lupa, se produce una ampliación de la imagen, ya sea en lo que se refiere a su extensión o en lo concerniente a su intensidad, o a ambas. Es claro que esta ampliación se logra con una transformación lineal cuyas constantes deben cumplir: $a > 1$ y $b = 0$ (fig. 3).

Analicemos ahora el caso en el que la transformación le asigna a cada estado, otro estado de tipo diferente como en nuestro ejemplo del amperímetro. En este caso diremos que ha habido una *transducción* ya que la información pasa a estar codificada de diferente manera.⁵

En los casos de trasducción, al obtenerse la información codificada de otro modo, la configuración de los datos finales, es decir luego de la transducción, no tiene por qué guardar una relación isomórfica con la configuración de los estados iniciales, previos a la transducción. Dicho de otro modo, si obtengo una fotografía de un objeto blanco y negro, y los datos son codificados como ceros y unos en un ordenador, la distribución espacial de los datos no es necesariamente isomórfica a la distribución de los puntos oscuros o claros del objeto fotografiado.

Sin embargo podemos transformar la información nuevamente de manera que los datos codificados como ceros y unos en el ordenador alimenten una pantalla y obtengamos una imagen del objeto. En el proceso total desde el objeto hasta su imagen han ocurrido dos transducciones. Ninguna de estas dos trasducciones conserva la forma, es decir, la distribución espacial de los ceros y unos no es isomórfica a la distribución de puntos claros y oscuros en el objeto; y a su vez la imagen en la pantalla no es isomórfica a la distribución de ceros y unos. Lo que queremos resaltar ahora es que la imagen en la pantalla sí es isomórfica al

⁵ Utilizamos esta terminología siguiendo la convención de Malmstadt, Enke y Crouch (1973) y también como parece usarla Kosso (1973).

objeto. Es decir que las dos transducciones, ninguna de las cuales conservaba las características espaciales, al ser compuestas una con otra dan como resultado una transformación que sí conserva tales características. Ejemplos de este tipo de instrumento para observar son el tomógrafo computado, el microscopio electrónico o el microscopio de barrido por efecto túnel.

En este tipo de instrumental ocurren dos transducciones. Una de los estados del objeto $\langle O, x \rangle$ a los estados o datos $\langle M, y \rangle$, y otra de los datos $\langle M, y \rangle$ a otros datos $\langle x', P \rangle$. Podemos decir que hay una función f que representa la primera transducción y otra función g que representa la segunda. Que el resultado total de ambas transducciones está representado por la función h que es la composición de f con g y que además h es lineal.⁶

$$\begin{aligned}
 y &= f(x) \\
 x' &= g(y) \\
 x' &= h(x) = [g \circ f](x) = g(y) = g[f(x)] = ax + b
 \end{aligned}$$

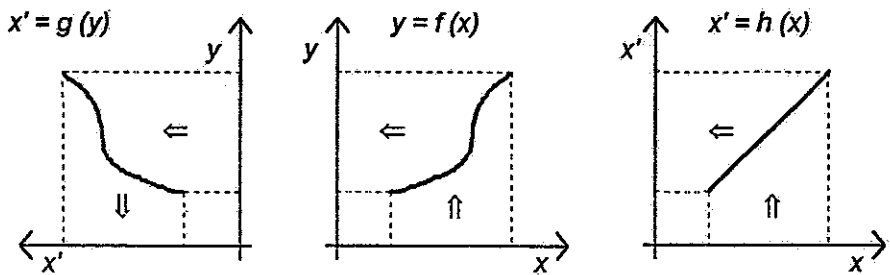


figura 4

5. La visualización o la observación de objetos posibles

Este es un buen momento para preguntarnos ¿qué observaríamos si configuráramos una determinada estructura de datos $\langle M, y \rangle$ previos a la segunda transducción?

Sin duda aparecerá una imagen $\langle O', x \rangle$ que es la imagen obtenida de transducir los datos $\langle M, y \rangle$ que habitualmente se obtenían de los estados $\langle O, x \rangle$ de algún objeto. Pero en este experimento en el que nosotros mismos configuramos los datos $\langle M, y \rangle$, la imagen obtenida no corresponde a ningún objeto colocado frente al aparato detector. Hemos jugado a ver cómo se vería un objeto que hubiera producido en el aparato una distribución $\langle M, y \rangle$. En estos casos los científicos observan $\langle O', x \rangle$ que es la imagen final brindada por el aparato, pero dicen que

⁶ Para ser más precisos existe una función lineal asociada a cada dimensión, por ejemplo, para la transformación de la información de una imagen plana, habrá dos funciones lineales, una para el ancho de la imagen y otra para el alto de la imagen.

visualizan el objeto $\langle O, x \rangle$. La palabra "visualizar" parece reservarse para el proceso por el cual obtenemos una imagen de un objeto posible pero que de hecho no ha generado la imagen que observamos. La visualización permite a los científicos realizar *simulaciones* de situaciones que no se han dado jamás o que por lo menos no fueron registradas por el detector.⁷

Supongamos que cuando se configuran los datos $\langle M, y \rangle$ en la etapa intermedia del aparato, se tienen en cuenta las leyes que rigen los fenómenos de los estados $\langle O, x \rangle$. En ese caso, las imágenes $\langle O', x \rangle$ muestran el comportamiento de objetos inexistentes que parecen sometidos a las leyes que son aplicables a los objetos reales de ese tipo.

Aunque no haya frente al aparato un objeto con las características que se infieren de esa visualización, el hecho de haber tomado en cuenta las leyes, hace que no descartemos su existencia.

Lo más sorprendente de todo esto es que los científicos pueden ver *en* las imágenes $\langle O', x \rangle$ ciertos comportamientos que adjudicarán al objeto posible, y así obtener conocimientos nuevos sin haber tomado contacto con los objetos que de hecho mostrarían tales comportamientos. He aquí la ventaja de la visualización. Ejemplos de este tipo de experimentos son la visualización de macromoléculas y las alteraciones en su estructura secundaria al modificar algunas de sus partes, la planificación para el control de la polución ambiental o la evolución climática.

6. Conclusiones

Buena parte de la discusión que gira en torno de la dicotomía entre lo observable y lo teórico se centra en el status onto-lógico que tiene lo teórico. Los problemas típicos de esta discusión se focalizan en saber si hay o no algo denotado por los términos teóricos, o en buscar alguna traducibilidad o equivalencia lógica entre los enunciados que contienen esos términos con enunciados puramente observacionales.

Nuestro análisis, en cambio, ha preferido centrarse en indagar qué status epistémico tiene la observación científica cuando es asistida por instrumentos.

La carga teórica de la observación involucra aceptar la existencia de una función que a cada estado del instrumento le hace corresponder un estado del objeto, además de la aceptación de la teoría que relaciona los estados del objeto con los estados del aparato. Por lo tanto la relación entre los estados del objeto y los del instrumento es una función biyectiva. Es la existencia de esta función lo que nos permite decir que observamos una propiedad del objeto al percibir un estado del aparato.

Cuando el instrumento reproduce la información acerca del estado del objeto codificándola de la misma manera en que la recibe, pero de modo tal que sea

⁷ En este caso el aparato está siendo utilizado como *simulador* y no como detector.

accesible para nuestros sentidos, entonces este instrumento sólo ha producido una amplificación de la información. En cambio, cuando el instrumento reproduce la información codificándola de otra manera que como la recibe, el instrumento ha producido una transducción de la información.

La amplificación requiere que la función que modifica la información sea una función lineal. Para el caso en que la composición de varias transducciones dé por resultado una amplificación se precisa que la composición de las funciones correspondientes a esas transducciones sea una función lineal.

La visualización es un caso particular de transducción donde el estado final observado en el aparato no ha sido generado por el estado inicial de ningún objeto. Por el contrario se ha configurado el aparato con una distribución de datos de manera consistente con las leyes que rigen el comportamiento de un tipo de objeto.

Bibliografía

- Kosso, P. (1988): "Dimensions of Observability", *Brit. J. Phil. Sci.* 39, pp 449-467.
Malmstadt, H. Enke, C. y Crouch, S. (1973). *Electronic Analog Measurements and Transducers*. W. A. Benjamin, Inc. California.