

La observación científica en el proceso de contrastación de hipótesis y teorías*

(*Scientific observation in the process of testing hypotheses and theories*)

Juan VÁZQUEZ

Manuscrito recibido: 2003.01.17

Versión final: 2003.10.09

BIBLID [0495-4548 (2004) 19: 49; pp. 77-95]

RESUMEN. En este trabajo se plantea, en primer lugar, la conveniencia de distinguir en el proceso de la contrastación empírica de hipótesis y teorías entre observación científica y percepción y, en segundo lugar, se muestra como el mundo procesado a través de la percepción se erige en base o soporte empírico del conocimiento científico. Una de las consecuencias del trabajo es que la tesis de “la carga teórica” de la observación ha sido mal planteada, al dar por sentado que esa carga teórica afecta también al procesamiento perceptivo de los outputs proporcionados al científico por el instrumental de observación.

Descriptores: carga teórica, contrastación empírica, observación científica, percepción.

ABSTRACT. *This paper first suggests that, in analyses of the empirical testing of hypotheses and theories, scientific observation should be distinguished from perception; and goes on to show that the world, as processed by perception, is the basis or empirical foundation of scientific knowledge. The thesis that observation is “theory-laden” has been flawed by its being articulated as applying not only to scientific observation but also to the perceptual processing of the output provided to the scientists by observational instruments.*

Keywords: *empirical testing, perception, scientific observation, theoretic load.*

1. Introducción: la observación en el proceso de contrastación

Lo que me propongo en este trabajo es explicar de qué modo se fundamentan empíricamente las hipótesis y teorías científicas en los procesos de contrastación, para lo que se hará uso, entre otras cosas, de las aportaciones que en la actualidad proporciona la neurología sobre el procesamiento cerebral de la información procedente de los sentidos.

Es cierto que en el proceso de contrastación de una hipótesis o teoría hay muchos problemas epistemológicos y ontológicos implicados pero, de todos ellos, aquí voy a tomar en consideración tan sólo uno, el que tiene que ver con su soporte empírico, con el modo en que las hipótesis sometidas a un proceso de contrastación empírica reciben apoyo de los datos que proporcionan la observación y el experimento.

A fin de señalar de una manera más precisa el aspecto concreto del proceso de contrastación que va a ser analizado, comenzaré por llevar a cabo una presentación general de la estructura de los procesos de contrastación en la que se explicitan los

* Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto de investigación BFF2003-01962, financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

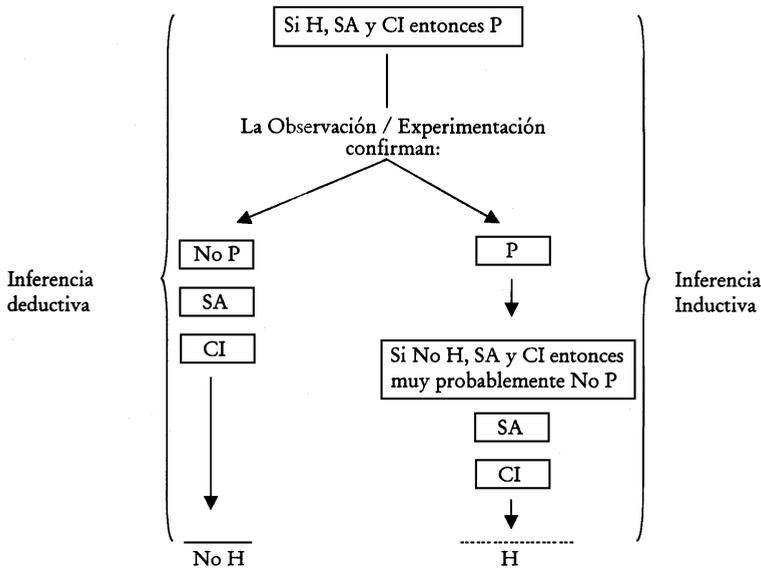


distintos elementos implicados en dichos procesos, así como las relaciones que median entre esos elementos.

Habitualmente se tendía y tiende a presentar la estructura del proceso de contrastación en forma de argumento. Así lo hacen, por ejemplo K. Popper en *La lógica de la investigación científica* y C. Hempel en *Filosofía de la ciencia natural*. Ronald Giere, sin embargo, en la versión modificada de 1991 de *Understanding Scientific Reasoning*, opta por una presentación modelo-teórica. En cualquier caso, si comparamos las dos presentaciones vemos que no hay diferencias substanciales entre ambos modos de presentación o reconstrucción del proceso de contrastación, se trata más bien de diferencias estéticas derivadas, en el primer caso, de una concepción enunciativista de las teorías científicas, en la que se interpreta a las teorías como conjuntos de enunciados susceptibles de ser estructurados en la forma de sistemas deductivos y, en el segundo, de una concepción modelo-teórica, según la cual una teoría vendría caracterizada, en primer lugar, por determinar un conjunto de modelos. En el marco de las concepciones enunciativas la estructura del proceso de contrastación se presenta en forma de argumento y en el caso de la concepción modelo-teórica en forma de programa o proceso algorítmico de decisión.

Independientemente de la presentación que se haga, lo importante es que en todo proceso de contrastación intervienen una serie de elementos, que esos elementos se encuentran relacionados entre sí de una cierta manera y que, además, en el proceso de contrastación esos elementos deben satisfacer unas determinadas condiciones.

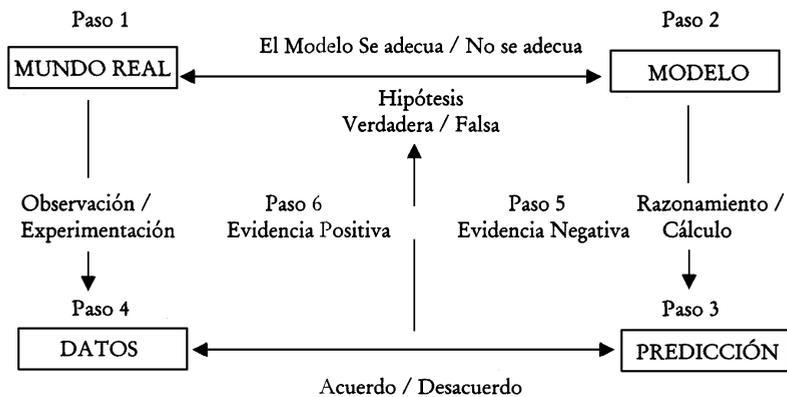
En la presentación del proceso de contrastación en forma de argumento, éste presenta la siguiente estructura:



En esta presentación H representa la hipótesis a contrastar, SA los supuestos auxiliares, CI las condiciones iniciales y P la predicción que es implicada lógicamente por la conjunción de H, SA y CI.

Lo que aquí me interesa destacar es que la predicción P especifica qué datos deben ser obtenidos en el supuesto de que la hipótesis sea cierta, siendo la experiencia empírica (observación/experimentación) la que proporciona evidencia a favor o en contra de los datos previstos. Es decir, que en el proceso de contrastación, P se presenta, por una parte, como la consecuencia lógica de H, SA y CI y, por otra, como siendo validada o invalidada por la experiencia empírica, y es esa P, así avalada por la observación o el experimento, la que es erigida en premisa de la argumentación a favor o en contra de H.

Si, siguiendo a R. Giere, optamos por presentar el proceso de contrastación en forma de programa o proceso algorítmico, los elementos que actúan como determinantes en el proceso de decisión, como no podía ser de otro modo, van a ser los mismos. También aquí son los datos que proporciona la experiencia empírica a través de la observación o el experimento los que intervienen como premisas a favor o en contra de la hipótesis a contrastar. Efectivamente, de acuerdo con la presentación algorítmica del proceso de contrastación de R. Giere (cfr. Giere 1991, p. 32), este proceso adoptaría la siguiente estructura:



Al igual que acontecía con la presentación tradicional del proceso de contrastación, también aquí, como decía, son los datos que proporciona la experiencia empírica a través de la observación y el experimento los que van a permitir decidir a favor o en contra de la hipótesis a contrastar.

Lo que en el modelo de R. Giere figura como “datos” en el modelo tradicional se presenta como un enunciado de observación (P), pero esos datos adquieren el rango de tales en la medida en que son expresados. En definitiva, y a esto quería llegar, que son los enunciados de observación en los que se recogen los datos los que intervienen como premisas en el proceso de contrastación, o lo que viene a ser lo mismo, que el valor de verdad o grado de fiabilidad de las hipótesis y teorías científicas en general, descansa, a nivel empírico, en el valor de verdad o grado de fiabilidad que asignemos a los enunciados de observación.

Si los enunciados de observación intervienen como premisas en una inferencia falsadora o de confirmación, esto significa que los enunciados de observación constituyen la base o soporte empírico de nuestro conocimiento acerca del mundo. Que los enunciados de observación constituyan la base de ese conocimiento no es lo mismo que afirmar que los enunciados de observación sean últimos, en el sentido de que ellos constituyan, por decirlo así, el “suelo rocoso del conocimiento.” Ese suelo puede no ser rocoso, lo que hoy tomamos como un enunciado de observación avalado por la experiencia empírica, observaciones empíricas posteriores pueden mostrar que ese aval no era tal, pero ello no les priva de ser el soporte empírico de nuestro conocimiento acerca del mundo. Del mismo modo que una torre o cualquier otro edificio pueden estar asentados sobre suelo firme o en un terreno pantanoso, ello no priva a esa cimentación de su función de sostén, de ese papel de soporte que hace que la torre o el edificio, cualquiera que éste sea, se mantengan en pie.

Evidentemente que una torre o cualquier otra edificación se pueden derrumbar por muchos otros motivos que nada o muy poco puedan tener que ver con el suelo de su cimentación, pero para que la torre o el edificio sigan en pie esa cimentación no puede faltar, algo así es lo que acontece con el conocimiento científico. Los enunciados observacionales constituyen, en definitiva, el soporte empírico sobre el que se asientan todos nuestros conocimientos acerca del mundo, sean éstos conocimientos científicos o de cualquier otro tipo.

Pues bien, el objetivo de este trabajo no es otro que el de esclarecer cómo se vinculan los enunciados observacionales de la ciencia con el mundo. Pero para esclarecer este punto primero habrá que precisar como se vinculan los enunciados observacionales de la ciencia con los enunciados de percepción y éstos, a su vez, con el mundo codificado de nuestra experiencia a través de los procesos de percepción.

Puesto que lo que la comunidad científica entiende por observación en ciencia no tiene o tiene muy poco que ver con lo que se entiende por tal al nivel del lenguaje ordinario, debemos comenzar por precisar el concepto de observación en ciencia y explicar como se vincula esa observación con la información que le es proporcionada al científico en el proceso de observación de una manera directa a través de sus sentidos.

2. Observación científica y percepción

Uno de los rasgos más sobresalientes de la ciencia es la utilización de instrumentos en el proceso de observación. Y, posiblemente haya sido el sistemático uso de instrumentos en el proceso de observación que se inicia en el Renacimiento uno de los factores que más han contribuido a que la ciencia se haya desarrollado mucho más rápidamente a partir del siglo XVII de lo que lo había hecho hasta ese momento. El desarrollo de instrumentos y técnicas de observación, cada vez más refinados, han hecho posible que la comunidad científica tenga acceso a entidades o fenómenos que son demasiado pequeños o que se encuentran demasiado lejos para poder ser detectados por el ojo humano desnudo. Y no sólo eso, sino que el uso de instrumentos ha permitido observar ítems, tales como rayos gamma, ondas de radio, electrones, neutrinos, etc., para los que los seres humanos no hemos desarrollado órganos detectores. Con

todo, para poder afirmar que ítems como las ondas de radio o los neutrinos son observados, el instrumental utilizado en el proceso de observación ha de transformar la información procedente de esas entidades en “outputs” accesibles a nuestros sentidos. Son estos “outputs”, en conjunción con las *teorías disponibles* implicadas en el proceso de observación y el conocimiento de las *propiedades de los instrumentos* utilizados en dicho proceso, los que justifican que la comunidad científica cuente como observables entidades o procesos que, de otro modo, nunca podrían ser considerados como tales (Brown 1987, pp. 48-49).

Siendo esto así, es evidente que el término “observación”, tal como es utilizado por la comunidad científica no coincide con el uso que se hace de ese mismo término al nivel del lenguaje ordinario, que suele estar referido a lo que es percibido directamente por los sentidos. Como mi propósito aquí es el de esclarecer cómo se vinculan los enunciados de observación científica con el mundo, y lo que los científicos dicen observar (rayos X y rayos gamma, ondas de radio, electrones, etc.) no es lo que realmente perciben, parece oportuno comenzar por distinguir en los procesos de observación/experimentación entre observación científica y percepción.

El término percepción va a ser utilizado siempre con relación al procesamiento cerebral de la estimulación sensorial procedente del ítem a identificar en el proceso de percepción. Así pues, en el contexto de la observación científica experimental, dicho término estará referido a los “outputs” que el instrumental de observación proporciona y que el científico puede detectar mediante sus órganos sensoriales, mientras que por observación se entenderá lo que la comunidad científica identifica como tal en función de la información que le proporcionan esos “outputs” en el contexto de las teorías disponibles y el instrumental de observación utilizado.

Como, a su vez, el término “percepción” ha sido y sigue siendo utilizado en múltiples sentidos distintos, debo precisar que aquí se entenderá por tal algo muy similar a la noción de “ver epistémico” de Harold Brown que, luego, trataré de justificar neurológica y filosóficamente:

To epistemically see an item I is to distinguish it in a visual field and identify it in terms of an available conceptual framework. (Brown 1987, p. 86.)

La caracterización de H. Brown está referida al sentido de la vista que es, por cierto, el sentido que más ha sido estudiado desde un punto de vista neurológico pero, dado que los sentidos no operan de una manera totalmente independiente los unos de los otros y, dado que el modo que tiene el cerebro de procesar la información que le llega del exterior y del propio organismo a través de los distintos sentidos es muy similar, parece oportuno extender la caracterización del “ver epistémico” de H. Brown al resto de los sentidos, algo que también hace, luego, el propio Brown, pero sin llegar a proponer una caracterización global del “percibir epistémico.”

En la línea de Harold Brown voy a utilizar el término “percepción” en el sentido que se especifica en la siguiente caracterización:

Percibir (epistémicamente) un ítem I es distinguir a ese ítem en el campo sensorial e identificarlo en términos del marco conceptual disponible.

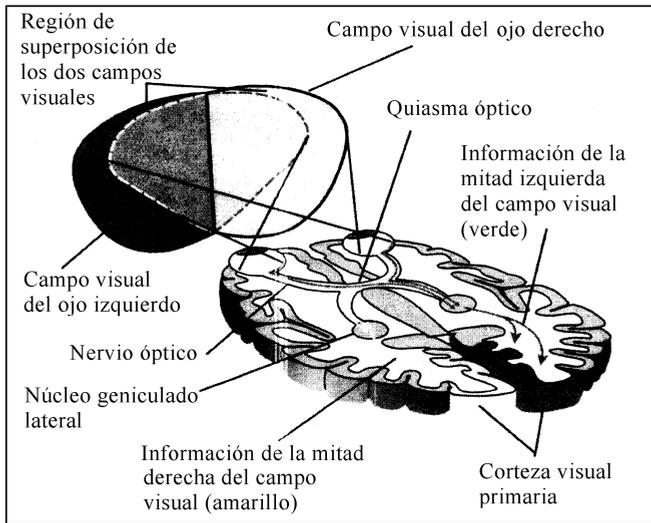


Figura 1: Vía visual primaria

En la caracterización del “ver epistémico” de H. Brown se destacan dos momentos, *distinguir* un ítem e *identificar* ese ítem. Al distinguir un ítem lo que hacemos es centrar nuestra atención en él y, desde un punto de vista fisiológico, al dirigir nuestra mirada a ese ítem, hacer que la información procedente de él sea explorada por la fovea de nuestra retina, su parte más sensible, pasando el resto del campo visual a un segundo plano.

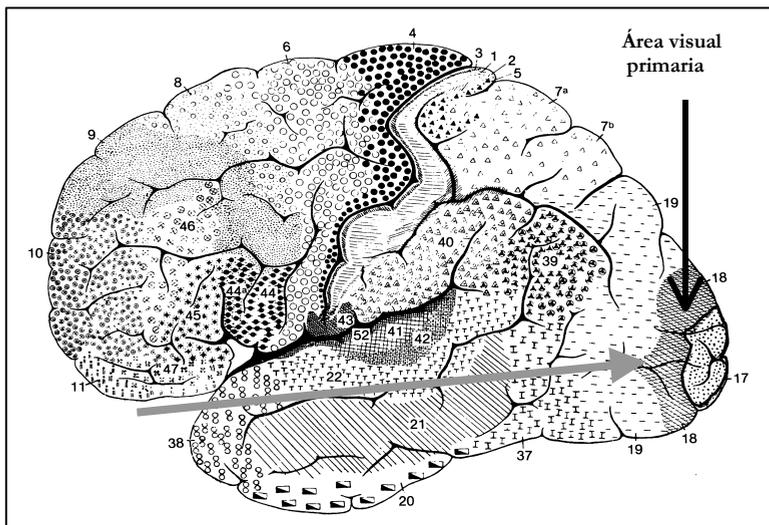


Figura 2: Área visual primaria

La información procedente del campo visual llega, en primer lugar, a los fotorreceptores de la retina, desde donde es enviada, en forma de impulsos nerviosos, a través del quiasma óptico y el núcleo geniculado lateral, al área visual primaria que se encuentra situada en la parte posterior del lóbulo occipital (Figuras 1 y 2).

El área visual primaria, a la que también se conoce con los nombres de área V1 o *área estriada*, es algo así como un fiel reflejo de la retina, en el sentido de que a cada punto de la retina corresponde un punto en dicha área, con la particularidad, segundo hecho importante a destacar, de que aproximadamente el 25% del área visual primaria está destinada a analizar la información procedente de la fóvea, lo que supone una discriminación mucho mayor del ítem a identificar. Es más, tercer hecho también importante a destacar, mientras que un solo axón recoge la información que llega de varios fotorreceptores de la periferia de la retina, las células ganglionares de la fóvea reciben inputs de un número mucho menor de fotorreceptores, tal como se muestra de una manera esquemática en la Figura 3, tomada de la *Fisiología de la conducta* de Neil R. Carlson (Carlson 1999, p. 182). Estos hechos explican, en cierto modo, que las células ganglionares de la fóvea proporcionen una información visual más aguda, tomando el ítem *destacado* y por ellas explorado en el proceso de percepción como el ítem a *identificar* y pasando el resto del campo visual a un segundo plano.

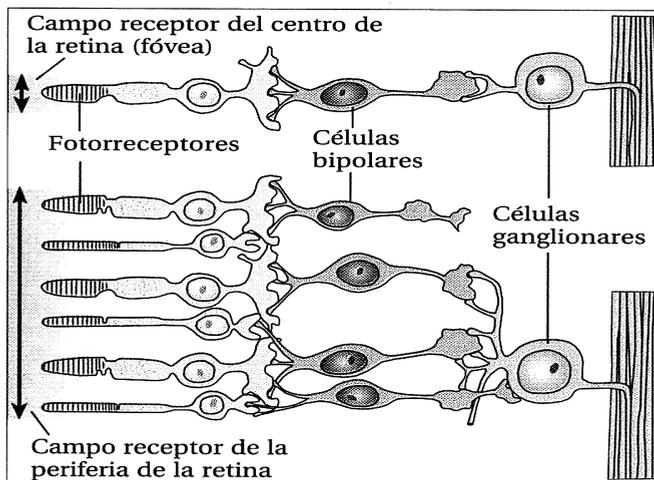


Figura 3: Células ganglionares de la fóvea y de la periferia de la retina

Hoy se sabe que el área visual primaria está dividida en aproximadamente 2.500 módulos, con una extensión aproximada de $0,5 \times 0,7$ mm. cada uno y conteniendo alrededor de 150.000 neuronas. En cada uno de los módulos se analiza la información procedente de una región del campo visual del tamaño aproximado de una uña y las neuronas de cada módulo están especializadas en el procesamiento de los distintos tipos de estímulos que llegan del mundo exterior. Es decir, que cada módulo de la corteza estriada sólo registra la información que se produce en una parte minúscula del

campo visual. Sin embargo, aun siendo esto así, es necesario precisar que los módulos no actúan independientemente los unos de los otros: cada módulo recibe, a su vez, información de otros módulos, procesa esa información y la pasa a los otros módulos. Individualmente tomados, los módulos son como los azulejos de un gran mosaico y aunque, en su conjunto, procesan la información procedente de todo el campo visual, para que podamos percibir objetos y escenas visuales completas la información de estos módulos individuales ha de seguir siendo procesada y combinada. Un proceso que va a tener lugar en las áreas asociativas de la percepción.

En general, el área visual primaria, cumple, a través de sus análisis, una función segregadora. Es decir, la tarea fundamental de las neuronas del área visual primaria parece consistir en cribar la información procedente de la retina, a fin de enviar la estimulación relativa a las distintas características del campo visual a la región correspondiente del área de asociación visual especializada en el procesamiento de ese tipo de información, ya que la corteza de asociación está, a su vez, dividida en regiones y cada región consta de neuronas que responden a una característica particular del campo visual, como pueden serlo el color, la orientación, el movimiento, la textura, la disparidad binocular, etc. Las regiones están dispuestas jerárquicamente, comenzando en la corteza estriada, de tal modo que la mayor parte de la información sigue la jerarquía en sentido ascendente, es decir, cada región recibe información de regiones jerárquicamente inferiores, la analiza y envía los resultados a regiones “superiores” para análisis adicionales. Parte de la información se transmite también en la dirección opuesta y a las otras regiones, pero los axones que descienden la jerarquía son mucho menos numerosos que los que ascienden.

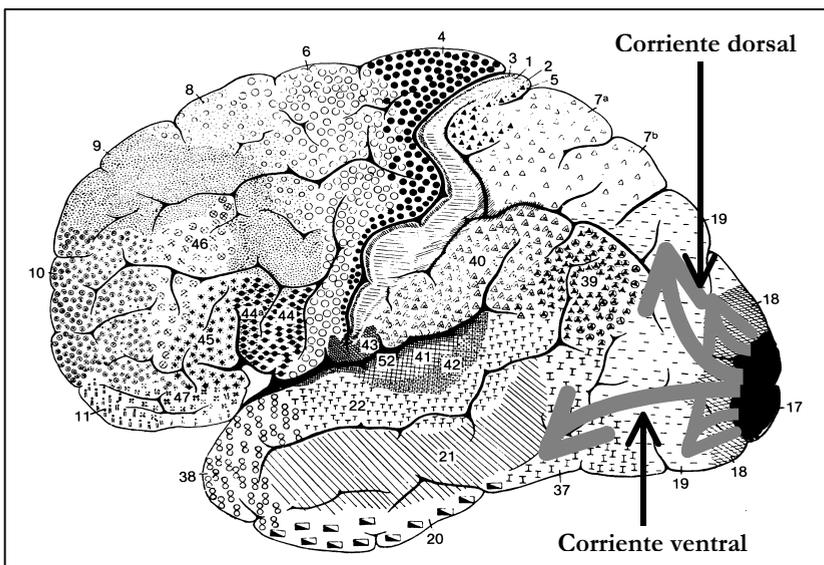


Figura 4: El sistema visual humano: corrientes ventral y dorsal

Las lesiones de una de estas regiones especializadas de la corteza de asociación pueden causar la pérdida parcial o total de la visión de la característica correspondiente del campo visual: pérdida de la visión del color (*acromatopsia*), de la forma (*agnosia visual perceptiva*), de la localización espacial (síndromes de *Balint*), etc.

En general, hoy prácticamente todos los neurólogos están de acuerdo en reconocer algo así como dos corrientes o vías fundamentales en el procesamiento de la información visual, la corriente ventral, que partiendo del área visual primaria se dirige hacia la región ventral del lóbulo temporal, donde confluyen los análisis de la forma y del color y se alcanza la percepción de los objetos y la corriente dorsal que, partiendo también del área visual primaria se dirige a través del área V5 (situada en la unión de los lóbulos temporal y occipital) hacia la parte posterior de la corteza parietal, donde tiene lugar la percepción espacial de esos mismos objetos (Haxby *et al.* 1994, pp. 6336-6353), tal como se muestra en la Figura 4.

En cualquier caso, y es este el punto al que quería llegar y sobre el que deseo llamar la atención, aquello de lo que el sujeto toma conciencia en el proceso de percepción no es del proceso ni de ningún tipo de intermediario, llámesele “datos sensibles” o como se quiera, sino del ítem a identificar en su calidad de ítem identificado. La conciencia de estar viendo algo se da al final del proceso, cuando los distintos tipos de estimulación visual que están llegando a nuestra retina han sido procesados e integrados en la constitución de un mundo poblado de objetos ya conceptualizados. Cuando miro a mi ordenador, lo que veo es el ordenador que está ahí fuera, frente a mí. Los impulsos nerviosos que posibilitan mi visión directa e inmediata del ordenador no son *qualia* y tampoco son *qualia* esa realidad ya conceptualizada que es el ordenador. Podrá haber percepciones más elementales o más complejas. Del ordenador puedo tomar en consideración su color, su forma, el lugar de su emplazamiento, etc. Pero, tome lo que tome en consideración, se tratará siempre de una realidad ya procesada y conceptualizada a través del correspondiente proceso de percepción. En cada circunstancia será una de esas dimensiones o modos de darse la que va a ser destacada, mientras que todas las demás están ahí, como dormidas, esperando a que nuestra atención las sitúe en un primer plano. Si miro un reloj con el único propósito de saber la hora, porque presiento que se me está haciendo tarde, lo que de la escena visual mi atención tomará en consideración será la hora, pero si mi propósito es comprarme un reloj, la hora que en ese momento esté marcando cada uno de los relojes del muestrario que acaba de presentarme el dependiente de la relojería me pasará desapercibida y lo que tomaré en consideración, y de hecho veré, serán otras propiedades distintas de esos relojes, tales como su forma, tamaño, marca, color, tipo de números, precio, o si dispone o no de otras prestaciones como segundero, calendario, despertador, etc. En una palabra, lo que tomaré en consideración será el conjunto de propiedades que hacen que un reloj sea para mí preferible a otro. Todas esas propiedades, incluidas otras muchas que también podían haber sido objeto de mi atención, son constitutivas de lo que ordinariamente se entiende por reloj y de lo que se espera que cualquier sujeto de nuestra cultura puede percibir cuando mira un reloj. Son propiedades que pertenecen al reloj en cuanto objeto codificado dentro de una determinada cultura. Para alguien que ja-

más hubiera visto un reloj o que los relojes no sean objetos de uso en su medio, difícilmente podrá ver la hora ni dar sentido a muchos de los aspectos supuestamente visibles del reloj, cuando vea por primera vez a uno de estos pequeños artefactos. Lo que no quiere decir que ese sujeto, para el que los relojes son objetos extraños, no pueda llegar a percibir un reloj con la riqueza de matices con los que a cualquiera de nosotros se nos hace presente a través del proceso de percepción. Pero para que un reloj pueda ser visto con esa riqueza de matices el sujeto para el que, en un principio, los relojes son objetos extraños, deberá pasar por un proceso de aprendizaje perceptivo similar a aquél por el que cualquiera de nosotros ha pasado. Como ya había sido señalado por H. Brown y más recientemente mantiene también Christopher Peacocke en *A Study of Concepts*, lo que realmente percibimos, en el supuesto de que se trate de una percepción visual, no es la escena que cae dentro del campo visual sino el contenido que, en cada caso, nuestra atención destaca de dicha escena y que Peacocke califica de “contenido protoproposicional” (*protopropositional content*), para distinguirlo del contenido proposicional, específico del lenguaje. (Peacocke 1992, pp. 74 y ss.).

La identificación que hacemos de los objetos o sus propiedades en el proceso de percepción pertenece a los objetos percibidos, pero en su calidad de objetos percibidos en los términos de un determinado marco conceptual. Como postulan G. Lakoff y M. Johnson, “dado que las dimensiones naturales de las categorías (perceptual, funcional, etc.), surgen de nuestras interacciones con el mundo, las propiedades que dan estas dimensiones no son propiedades de los objetos en sí mismos, sino más bien propiedades interaccionales, basadas en el aparato perceptual humano, las concepciones humanas de función, etc.” (Lakoff y Johnson 1980, p. 228).

Qué sean los objetos, en su calidad de objetos identificados, es algo relativo a los esquemas conceptuales de que se dispone, lo que no significa en absoluto que esas identificaciones sean arbitrarias. Pero una cosa es afirmar que los objetos no son, en la identificación que hacemos de ellos, independientes de los esquemas conceptuales y otra muy distinta afirmar, como lo ha hecho Putnam, que “los ‘objetos’ no existen independientemente de los esquemas conceptuales” (Putnam 1981, p. 52). Afirmar que “los ‘objetos’ no existen independientemente de los esquemas conceptuales” tiene sentido, si a lo que nos estamos refiriendo es a los objetos en cuanto objetos identificados, ya que esas identificaciones no son independientes de los correspondientes esquemas conceptuales, pero la afirmación de Putnam deja de ser cierta si lo que tomamos en consideración es una segunda dimensión de nuestra experiencia perceptiva de los objetos, ese darse también de los objetos como sujetos de determinación, como lo que se encuentra ahí fuera, frente a nosotros, para seguir siendo explorado y con la posibilidad de que las nuevas exploraciones puedan abrirnos a un sin fin de nuevas e insospechadas determinaciones. Es esta una segunda dimensión de los objetos que ahora no voy a tomar en consideración, pero que también pertenece a los objetos en su calidad de objetos experimentados.¹

¹ Esa segunda dimensión de los objetos ha sido analizada con algún detalle en J. Vázquez 1997, 2000a y 2000b.

Qué sean las cosas y el mundo en general, independientemente de todo sistema de conceptualización, es una pregunta que carece de sentido, pero, dado un determinado sistema de conceptualización, lo que sea el mundo, visto en el marco de ese sistema de conceptualización, es algo que ya no depende sólo del sistema de codificación sino también de cómo de hecho es el mundo así codificado. Si mi sistema de codificación es el del lenguaje ordinario allí donde hay un perro pequinés veré un pequinés y allí donde hay un *fox terrier* veré un *fox terrier*, pero no podré ver un pequinés como un *fox terrier* ni un *fox terrier* como un pequinés. Si, por el contrario, mi sistema de codificación fuese tal que no dispusiese de una categoría para los perros pequinés y de otra distinta para los perros fox terrier, sino únicamente de la categoría perro, vería a los perros pequinés y a los fox terrier simplemente como perros, como perros diferentes, pero simplemente como perros, de una manera similar a como veo un perro pequinés como diferente de otro perro pequinés pero a los dos como perros pequinés. Es indudablemente cierto y constatable experimentalmente, que hay percepciones de las que no somos conscientes, como acontece en los casos de *visión ciega*, pero ellas no cuentan, si lo que tratamos de analizar es cómo tiene lugar la identificación de los objetos o sus propiedades en el proceso de percepción.

De acuerdo con la noción de percepción que se acaba de esbozar, y en su aplicación al proceso de observación científica experimental a través de instrumentos, dicho término estará referido a la identificación perceptiva de los “outputs” que proporciona al científico el instrumental de observación y que, como tal identificación perceptiva, no es fundamentalmente distinta de la que el científico tiene del resto de los objetos de su entorno. Una cuestión distinta es cómo, luego, interpreta la información proporcionada por los “outputs” percibidos. En la percepción de esos “outputs”, al igual que en la percepción, pongamos por caso, del ordenador de la mesa de su despacho, lo que el científico percibe es el resultado de haber distinguido a esos “outputs” y haberlos identificado en términos del marco conceptual disponible.

3. Aplicación de la distinción entre observación científica y percepción al análisis de dos ejemplos de observación experimental

Dos ejemplos de observación experimental serán suficientes para esclarecer esos vínculos que, como se hará evidente, deben darse en todos los casos de observación experimental entre las entidades observadas y no accesibles directamente a los sentidos y los “outputs” percibidos. El primero de esos ejemplos nos lo proporcionará uno de los primeros experimentos llevados a cabo para la detección de los neutrinos y, el segundo, la observación experimental de la actividad funcional del cerebro mediante las tomografías de emisión de positrones.

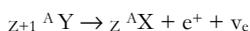
Como es de sobra conocido, en un primer momento los neutrinos fueron postulados para salvar los principios de conservación de la energía y el momento en el decaimiento beta. Al examinar los productos resultantes del decaimiento beta se constataba que una parte de la energía y el momento se habían perdido en dicho proceso. Para explicar esta pérdida Pauli sugirió en 1931 que la energía y el momento que se habían perdido tenían que haber sido llevados por una partícula hasta ese momento descono-

cida y que, más tarde, en 1933, Fermi bautizó con el nombre de neutrino. Si bien en un principio se pensó que los neutrinos eran inobservables ya que, al carecer de carga y una mínima cantidad de masa, serían incapaces de interactuar con otras partículas, posteriormente la teoría sobre los neutrinos llevó a la comunidad científica a pensar que esa interacción entre los neutrinos y otras partículas, aunque poco frecuente, era posible. Bajo esta sospecha iniciaron F. Reines y C. Cowan sus trabajos experimentales encaminados a detectar la observación de los neutrinos (Reines y Cowan 1953; Cowan y otros 1956; Reines 1979).

Puesto que las teorías disponibles predecían que los neutrinos eran emitidos durante el decaimiento nuclear,² era de esperar que un equipo diseñado para la detección de neutrinos, colocado junto a un reactor nuclear, debería captar algunos de los muchos neutrinos que allí se producían (en torno a un billón por cm^2 y segundo), asegurando, de este modo, la interacción de algunos de ellos con el detector.

En el detector diseñado por Reines y Cowan los blancos de impacto en el corazón del detector eran un par de tanques de agua en la que se había disuelto cloruro de cadmio (CdCl_2). Los blancos de impacto estaban emparedados entre tanques que contenían un líquido centelleante (*liquid scintillator*) y un amplio número de tubos fotomultiplicadores. Cuando un antineutrino del reactor interactúa con un protón en el agua del detector se produce un positrón y un neutrón. El positrón, al chocar con un electrón del agua del detector, da lugar a un conjunto de pulsos gamma característicos, al mismo tiempo que las dos partículas se aniquilan mutuamente. Casi al mismo tiempo, pero ligeramente después, el neutrón será capturado por un núcleo de cadmio, lo que, a su vez, también dará lugar a un conjunto de pulsos gamma característicos. Los pulsos gamma generan destellos de luz al pasar a través del líquido centelleante. La luz es detectada por los tubos fotomultiplicadores y los “outputs” de estos tubos penetran en el circuito electrónico del experimento para su evaluación. El circuito electrónico ha sido diseñado para detectar la amplitud de los pulsos característicos producidos por la aniquilación electrón-positrón y los producidos por la captura del neutrón, así como el tiempo que transcurre entre ambos. Por último, los pulsos son visualizados en un osciloscopio y las imágenes del osciloscopio son fotografiadas para su examen posterior. Aquellos casos en los que el pulso producido por la aniquilación de un electrón-positrón eran seguidos, en el espacio de nueve milisegundos, por los pulsos procedentes de la captura de un neutrón fueron interpretados por los investigadores como la prueba experimental de la observación de los neutrinos, aunque lo único que los experimentadores percibían eran los “outputs” de salida registrados por el equipo electrónico y las fotografías de la pantalla del osciloscopio (Brown 1987, p. 64).

² Siguiendo a D. Shapere, el decaimiento nuclear puede ser esquematizado de la siguiente manera:



donde Y es el núcleo radioactivo con peso atómico A (igual al número de nucleones [protones y neutrones] en el núcleo) y que lleva una carga (número de protones) igual a Z+1; X es el núcleo resultante, cuya carga se ha reducido en una unidad, e^+ es el positrón, ν_e el neutrino electrón.” (Shapere 1982, p 500).

Una rápida ojeada al experimento diseñado por Reines y Cowan revela que las teorías disponibles cumplen, cuando menos, tres funciones importantes:

- a) Determinan qué fenómenos o entidades son significativos.
- b) Indican qué instrumentos son los adecuados para observar esos fenómenos o entidades.
- c) Proporcionan la explicación causal que vincula a los ítems observados con los “outputs” percibidos.

Es justamente el conocimiento de esa explicación causal, junto con las teorías disponibles en ella implicadas, lo que hace que Reines y Cowan interpreten los “outputs” percibidos que les proporciona el instrumental de observación, como una prueba experimental de la detección u observación de los neutrinos. Así pues, la información derivada de los “outputs” percibidos depende:

- a) De las teorías establecidas disponibles, implicadas en el proceso de observación.
- b) Del conocimiento de las propiedades del instrumental utilizado, y
- c) De que el ítem observado sea un componente necesario de la única explicación causal aceptada del “output” percibido.

Con relación a la condición c) es fundamental que, a la luz de la información disponible, el ítem observado sea un componente *necesario*, y lo sea de la *única* explicación causal aceptada que vincula al ítem con el “output” percibido. De no ser ese el caso, la inferencia del “output” percibido al ítem observado no sería válida.

El otro ejemplo de observación científica instrumental a analizar va a ser el que nos proporcionan las “tomografías de emisión de positrones” (TEP) en la observación de la actividad funcional del cerebro.

Tomamos este otro ejemplo de observación científica instrumental, porque va a ser precisamente a partir de los datos que proporcionan ese tipo de observaciones experimentales como se han ido localizando las diversas áreas cerebrales en las que se procesan, a nivel perceptivo, los distintos tipos de información: color, orientación, movimiento, textura, forma, localización espacial, etc.

En la observación de la actividad funcional del cerebro, mediante las tomografías de emisión de positrones, el procedimiento consiste, a grandes rasgos, en introducir en la corriente sanguínea una dosis inocua de una sustancia química radiactiva, como pueden serlo la *2-desoxiglucosa* radiactiva o el *dióxido de carbono* ($C^{15}O_2$). Las moléculas de estas sustancias tienen una vida media muy corta y a medida que decaen emiten positrones que viajan una corta distancia antes de chocar con un electrón. En el choque se generan dos fotones de aniquilación que son detectados por cámaras instaladas alrededor de la cabeza del sujeto de experimentación. Lógicamente, se emitirán un mayor número de fotones desde aquellas regiones cerebrales en las que el flujo sanguíneo es mayor y, por lo tanto, mayor la actividad cerebral. Esa información pasa a un ordenador que genera como “output” la imagen de una sección del cerebro en la que se muestran los niveles de actividad de las diferentes regiones de esa sección.

Aquí, como en el caso anterior, lo que el experimentador percibe son los “outputs” proporcionados por la tomografía de emisión de positrones, pero lo que dice haber observado es el área cerebral que ha sido activada cuando el sujeto de experimentación realizaba tal o cual actividad, como lo puede ser discriminar colores, identificar objetos, localizar posiciones, etc. Pero, también aquí, para que el experimentador pueda decir que ha observado la actividad de tal o cual área cerebral, vinculada a tal o cual actividad, ha de poder establecer una cadena causal que ligue a las imágenes que él percibe en la pantalla del ordenador con la actividad de las áreas cerebrales que dice observar. Y también, como en el caso anterior, la información que proporcionan los “outputs” percibidos depende: a) de las teorías aceptadas disponibles implicadas en el proceso de observación, b) del conocimiento de las propiedades del instrumental utilizado en dicho proceso y c) de que el ítem observado sea un componente necesario de la única explicación causal aceptada del “output” percibido. En consecuencia, siguiendo a Harold Brown, podemos concluir que:

Observar un ítem I* es obtener información acerca de I* a partir del examen de otro ítem I, donde I es un ítem (epistémicamente) percibido e I* un miembro de la cadena causal que produce I (Brown 1987, p. 93).

Como ya se ha indicado, para poder utilizar I como base perceptiva para observar I*, se debe disponer de la información que permite establecer la conexión causal entre I* e I. Además, I* ha de ser, a la luz de la información disponible, un componente necesario de la sola explicación causal aceptable de I.

4. *Papel de la carga teórica en el proceso de observación*

Quisiera precisar algo más el papel de la carga teórica en el proceso de observación, puesto que me inclino a pensar que el peso que, por lo general, se ha venido asignando a la carga teórica en el proceso de observación científica a partir de los años 60 descansa en la confusión o mezcla de dos planos que es necesario distinguir, el de la conceptualización teórica, por una parte, y el de la conceptualización identificativa de los ítems percibidos, por la otra.

Como nos decía Harold Brown, la identificación perceptiva de un ítem I se hace siempre en términos del marco conceptual disponible del sujeto receptor. Y esto creo que es así tanto cuando se trata de la identificación de objetos de la vida ordinaria (sillas, mesas, árboles, pájaros, etc.), como cuando el ítem I a identificar es el “output” proporcionado por el instrumental de observación científica. En ambos casos la identificación se hace en términos del marco conceptual disponible. Pero, ¿cuál es ese marco? Sin poder afirmarlo con toda rotundidad, la información neurológica de la que se dispone en estos momentos apunta a que en la identificación perceptiva de I no intervienen los conceptos teóricos sino conceptos ya disponibles de otro nivel y que están vinculados *directamente* con los procesos de percepción. Es decir, los conceptos que toman cuerpo en la codificación de la estimulación sensorial procedente de los ítems identificados perceptivamente.

Es constatable la existencia de un aprendizaje perceptivo en el desarrollo cognitivo de los individuos y de la existencia de ese aprendizaje perceptivo se ha inferido correctamente que la identificación que un sujeto hace de los ítems percibidos depende,

en una gran medida, del marco conceptual disponible, pero también se ha inferido incorrectamente que ese marco conceptual es no sólo el vinculado *directamente* con la identificación empírica de los ítems percibidos, encarnándose en ellos, sino también el constituido por los conceptos teóricos de la ciencia.

Es cierto que un niño, en ciertas etapas de su desarrollo cognitivo, puede llegar a distinguir perfectamente a los perros de los gatos y a éstos de los otros tipos de animales, pero posiblemente no sea capaz de distinguir dentro de la clase de los perros y los gatos a los distintos tipos de razas. Lo que ese niño verá es que, al igual que los perros son distintos de los gatos, también cada uno de los perros y gatos es distinto de todos los demás, unos más distintos que otros, pero esas diferencias que el niño detecta igual que puede detectarlas un experto en perros y gatos, no son destacadas a nivel perceptivo por el niño del modo en que son destacadas por el experto, y por eso donde el niño ve simplemente perros el experto verá un pequinés, un fox terrier, un galgo o un podenco, y, si de gatos se trata, donde el niño o el profano ven simplemente gatos el experto en esta especie de animales verá a un siamés, un cerval, un montés o un romano. El que el niño o el profano, por una parte, y el experto, por la otra, lleven a cabo identificaciones distintas de los mismos ítems es fruto de un aprendizaje perceptivo que implica una mayor capacidad discriminativa por parte del experto y de la que carece el niño o el profano. Esta mayor capacidad discriminativa es pareja a una mayor riqueza conceptual de la que el experto hace uso en el proceso de identificación perceptiva, pero el marco conceptual que interviene en los procesos de identificación perceptiva es el marco conceptual vinculado *directamente* con los estímulos proporcionados por la experiencia perceptiva y no el marco conceptual proporcionado por los conceptos teóricos de la ciencia biología.

La carga teórica está en la inferencia que el científico hace en relación con la observación de I^* a partir de la percepción de I , pero no en la percepción identificativa de I . La carga teórica es la que le permite al científico inferir I^* a partir de I , algo que el profano no puede hacer, pero en la percepción identificativa de I no hay carga teórica, sino el sistema de conceptualización disponible, implicado *directamente* en la codificación de la estimulación proporcionada por el ítem a identificar.

Un ejemplo utilizado por T. Kuhn, pero con un propósito algo distinto, servirá para ilustrar lo que estoy tratando de decir. En “Segundos pensamientos sobre paradigmas” T.S. Kuhn nos invita a que nos imaginemos a un niño dando un paseo con su padre por un parque zoológico. Con anterioridad al paseo por el parque el niño ha aprendido a reconocer aves y a distinguir a los petirrojos como una clase especial de aves. Pero en el paseo de ese día con su padre por el parque el niño aprende por primera vez a identificar también a cisnes, gansos y patos, de tal modo que, después del paseo por el parque, el niño, donde antes sólo veía aves y petirrojos, ahora ve petirrojos, cisnes, gansos y patos. Como nos dice T.S. Kuhn, durante esa tarde de paseo por el parque “parte del mecanismo neural por el que el niño procesa los estímulos visuales ha sido reprogramado, y los datos recibidos de los estímulos, que antes hubiesen evocado todos ‘ave’, han cambiado. Cuando el niño empezó su paseo, su programa neuronal destacaba las diferencias entre cisnes individuales tanto como las existentes

entre los cisnes y los gansos. Al final del paseo, rasgos como la longitud y curvatura del cuello del cisne han sido destacados y otros han sido suprimidos de modo que los datos del cisne se igualan entre sí y se diferencian de los datos del ganso y del pato, como no se habían diferenciado antes. Las aves que antes parecían todas iguales (y también diferentes) se hallan ahora ordenadas en grupos separados en el espacio perceptual” (Kuhn 1979, p. 524).

Hasta aquí, desde mi punto de vista, todo es correcto. Lo que el ejemplo de T.S. Kuhn pone de manifiesto es la existencia de un aprendizaje perceptivo, de tal modo que aquello cómo lo qué son identificados los objetos de nuestro entorno no sólo depende de los estímulos recibidos sino también del marco conceptual ya disponible en el momento en el que tiene lugar la recepción de esos estímulos. Ahora bien, y en esto creo que T.S. Kuhn se equivoca, el marco conceptual que interviene en la identificación de un ítem de percepción I no es el que proporcionan los conocimientos teóricos, sino el que está directamente vinculado con el procesamiento neurológico de los datos proporcionados por los sentidos, haciendo que se destaquen unos rasgos y se supriman otros, de tal modo que ante la presencia de un ítem I, generado por el instrumental de observación, el científico y el profano pueden percibir lo mismo, pueden llevar a cabo el mismo tipo de identificación, siempre que el sistema de conceptualización vinculado directamente con la organización de los datos procedentes de los sentidos sea el mismo para ambos sujetos. Lo que no podrá hacer el profano es inferir a partir del ítem percibido I la existencia de ese otro ítem I* que el científico dice observar y para cuya observación resultan imprescindibles los conocimientos teóricos de los que dispone el científico y de los que carece el profano. A lo que sí pueden dar lugar los conocimientos teóricos es a que en la identificación de I prestemos atención a unos rasgos y no a otros, pero aquello cómo lo que, en definitiva, los rasgos destacados son identificados depende única y exclusivamente de los propios rasgos y del sistema de conceptualización vinculado directamente con esos rasgos, haciéndose uno con ellos. Los cambios de paradigma también pueden dar lugar a que tomemos en consideración aspectos de la realidad que, en el marco de paradigmas anteriores, nos habían pasado desapercibidos, y a que las explicaciones que demos de los ítems percibidos sean igualmente distintas en el marco de los distintos paradigmas, pero lo que en absoluto pueden hacer los conocimientos teóricos es determinar aquello cómo lo que un ítem I es identificado en el proceso de percepción.

Veamos otro ejemplo, en este caso de Pierre Duhem, citado por N.R. Hanson en *Patrones de descubrimiento. Observación y explicación*:

Entre en un laboratorio, acérquese a una mesa atestada de aparatos, una batería eléctrica, alambre de cobre con envoltura de seda, pequeñas cubetas con mercurio, bobinas, un espejo montado sobre una barra de hierro; el experimentador está insertando en pequeñas aberturas los extremos metálicos de unas clavijas con cabeza de ébano; el hierro oscila y el espejo sujeto a él envía una señal luminosa sobre una escala de celuloide; los movimientos de vaivén de esta mancha luminosa permiten al físico observar las pequeñas oscilaciones de la barra de hierro. Pero pregúntele que está haciendo. ¿Le contestará ‘estoy estudiando las oscilaciones de una barra de hierro que transporta un espejo’? No, dirá que está midiendo la resistencia eléctrica de las bobinas. Si usted se queda atónito, si usted le pregunta qué significan sus palabras, qué relación tienen con los fenómenos que ha estado observando y que usted ha advertido al mismo tiempo que él, le contestará que su pregunta requiere una larga explicación y que usted debería seguir un curso de electricidad (Hanson 1977, pp. 95-96).

Estoy de acuerdo con N.R. Hanson en que “si se quiere encontrar un caso paradigmático de visión, sería mejor considerar como tal no la aprehensión visual de las manchas de color, sino cosas como ver qué hora es, en qué clave está escrita una pieza musical y si está desinfectada una herida” (Hanson 1977, p. 95). Pero, aun reconociendo en la línea de H. Brown y de N.R. Hanson que ver epistémicamente un ítem I es identificar a ese ítem en términos del marco conceptual disponible, en lo que en absoluto estoy de acuerdo con N.R. Hanson es en la conclusión que pretende extraer de la cita de P. Duhem: que “el visitante debe aprender algo de física antes de que pueda ver lo que el físico ve” (Hanson 1977, p. 96).

Lo que creo que habría que decir en relación con ese texto de P. Duhem es que tanto el físico como el profano ven lo mismo, llevan a cabo el mismo tipo de identificación perceptiva, “una señal luminosa sobre una escala de celuloide.” Es posible que el profano no se haya fijado en qué punto exacto de la escala de celuloide incide la señal luminosa, pero tan pronto como se le indique que preste atención a ese dato percibirá lo mismo que el físico. Lo que no podrá hacer el profano es inferir, a partir de la percepción de ese ítem I, la observación de ese otro ítem I* que el físico dice observar, “la medición de la resistencia eléctrica de las bobinas”; lo más que podrá inferir el profano a partir del vaivén de la señal luminosa sobre la escala de celuloide son las pequeñas oscilaciones de la barra de hierro, puesto que también ve que las señales luminosas sobre la escala de celuloide son producidas por el espejo montado sobre la barra de hierro.

Del hecho de que la percepción, en el sentido de ver epistémico de H. Brown, esté mediatizada por el sistema conceptual disponible del sujeto perceptor, no puede inferirse la no existencia de un lenguaje básico, como lo han hecho N.R. Hanson, T. Kuhn y tantos otros filósofos de la ciencia. Tal como creo haber puesto de manifiesto con el análisis de esos dos ejemplos utilizados por N.R. Hanson y T.S. Kuhn, en la tesis de la “carga teórica” de la observación, de la que, entre otros muchos, estos dos filósofos de la ciencia son representantes, se confunden los sistemas de conceptualización vinculados directamente con la identificación perceptiva de I con la carga teórica implicada en la observación de I*. Del hecho de que la percepción en la que se identifica I sea relativa a los sistemas de conceptualización vinculados *directamente* con la percepción se infiere, erróneamente, que nuestra percepción epistémica de I está cargada teóricamente, cuando lo único que determina la carga teórica es la inferencia observacional de I* a partir de la percepción de I.

En resumen, y como conclusión final, cabría afirmar que en el proceso de contrastación las hipótesis y teorías científicas encuentran su apoyo empírico en los enunciados de observación y los enunciados de observación en los contenidos informativos que proporcionan las percepciones verídicas³ o, si se prefiere, en el mundo ya codificado a través de los correspondientes procesos de percepción. De este modo, el mun-

³ Lo que hace que caractericemos a una percepción como verídica es su compatibilidad con el resto de las percepciones (Vázquez, 200b). En la ilusión de Müller-Lyer, la identificación visual de las dos líneas como desiguales no es verídica porque no es compatible con otras percepciones identificativas que consideramos más fiables como la que realizamos cuando aplicamos una regla sobre las dos líneas.

do procesado a través de la percepción se convierte en la base o soporte empírico del conocimiento científico.

BIBLIOGRAFÍA

- Brown, H.I. (1987). *Observation and Objectivity*. Oxford: Oxford University Press.
- Carlson, Neil R. (1999). *Fisiología de la conducta*. Barcelona: Ed. Ariel (3ª ed, revisada y actualizada según la 6.ª ed. en lengua inglesa de 1998).
- Cowan, C., et al. (1956). "Detection of the Free Neutrino: A Confirmation", *Science* 124, pp. 103-104.
- Giere, R.N. (1991). *Understanding Scientific Reasoning*. Fort Worth: Harcourt Brace Jovanovich, (nueva ed. modificada de Giere (1979)).
- Hanson, N.R. (1958). *Patterns of Discovery. An Inquiry into the Conceptual Foundations of Science*. Cambridge: Cambridge University Press. [Vers. cast.: *Patrones de descubrimiento*. Madrid: Alianza, 1977.]
- (1972). *Observation and Explanation: a Guide to the Philosophy of Science*. London: Allen & Unwin. [Vers. cast.: *Observación y explicación*. Madrid: Alianza, 1977.]
- Haxby, J.V., et al. (1994). "The Functional Organization of Human Extrastriate Cortex: A PET-rCBF Study of Selective Attention to Faces and Locations", *The Journal of Neuroscience* 14, pp. 6336-6353.
- Hempel, C. (1966). *Philosophy of Natural Science*. Englewood Cliffs: Prentice Hall. [Vers. cast.: *Filosofía de la ciencia natural*. Madrid: Alianza, 1973.]
- Kuhn, T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press. [2ª ed., 1970.] [Vers. cast.: *La estructura de las revoluciones científicas*. México: F.C.E., 1975.]
- (1974). "Second Thoughts on Paradigms", en Frederick Suppe (ed.), *The Structure of Scientific Theories*. Chicago: University of Illinois Press, pp. 459-482. [Versión española en Ed. Nacional, Madrid, 1979.]
- Lakoff, G. y Johnson, M. (1980). *Metaphors We Live By*. Chicago: University Chicago Press. [Vers. cast.: *Metáforas de la vida cotidiana*. Madrid: Cátedra, 1995.]
- Peacocke, Ch. (1992). *A Study of Concepts*. Cambridge (Mass.): The MIT Press.
- Popper, K.R. (1935). *Logik der Forschung*. Viena: Springer. [Vers. ingl. revisada: *The Logic of Scientific Discovery*. London: Hutchinson, 1959.] [Vers. cast. de la vers. inglesa: *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos, 1962.]
- Putnam, H. (1981). *Reason, Truth and History*. Cambridge: Cambridge University Press. [Vers. esp.: *Razón, verdad e historia*. Madrid: Tecnos, 1988.]
- (1990). *Realism with a Human Face*. Cambridge: Harvard University Press.
- Reines, F. (1979). "The Early Days of Experimental Neutrino Physics", *Science* 203, pp. 11-16.
- Reines, F., and Cowan, C. (1953). "Detection of the Free Neutrino", *Physical Review* 92, 830-831.
- Shapere, D. (1982). "The Concept of Observation in Science and Philosophy", *Philosophy of Science*, 49, pp. 485-525. [Una versión algo modificada se encuentra en Olivé, L. y Pérez Ransanz, A.R. (comps): *Filosofía de la ciencia: teoría y observación*. México (D.F.) – Madrid – Bogotá: Siglo XXI, 1989.]
- Vandenbergh, R., C. Price, R. Wise, O. Josephs and R.S.J. Frackowiack (1996). "Functional Anatomy of a Common Semantic System for Words and Pictures", *Nature*, Vol. 383, pp. 254-256.
- Vázquez, J. (1997). "Incommensurabilidad semántica y progreso científico", Madrid, *Arbor* CLVII, N.º 620, (Agosto 1997), pp. 323-345.
- (2000a). "Semántica de los nombres propios, deícticos y términos de clase", *Teorema*, Vol. XIX/1, pp. 75-92.
- (2000b). "Epistemic Truth in a Plurality of Worlds", *Logica Trianguli* 4, pp. 53-67.

Juan VÁZQUEZ en la actualidad es Catedrático del Área de Lógica y Filosofía de la Ciencia en la Universidad de Santiago de Compostela. Su actividad docente e investigadora las ha desarrollado fundamentalmente en las Universidades de Valencia y Santiago de Compostela, y su investigación ha estado centrada en el estudio de problemas de naturaleza semántico-epistemológica, a los que ha abordado

desde las perspectivas de la fenomenología, la filosofía de la ciencia, la filosofía del lenguaje y la neurología. Entre sus publicaciones cabe mencionar *Aproximación analítica al pensamiento platónico, Lenguaje, verdad y mundo*, "The Semantics of Scientific Languages", "Inconmensurabilidad semántica y progreso científico", "How language hooks on to the world", "Semántica de los nombres propios, deícticos y términos de clase", "Epistemic Truth in a Plurality of Worlds".

Dirección: Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de Lógica y Filosofía Moral, Facultad de Filosofía, Campus Universitario Sur, 15706, Santiago de Compostela, España, E-mail: lflgjvqz@usc.es