

II. LOS ENUNCIADOS CIENTÍFICOS

2 – 1. Enunciados e información científica

El conocimiento científico se expresa a través del lenguaje. Todas las informaciones y conocimientos que se transmiten mediante el lenguaje científico deben expresarse empleando oraciones “declarativas”, llamadas así para distinguirlas de las “interrogativas” y “exclamativas”, destinadas respectivamente a requerir informaciones o a expresar ciertos estados de ánimo.

De acuerdo con la naturaleza de los términos que se incluyen en las oraciones declarativas, los enunciados científicos se clasifican en empíricos y teóricos. A su vez, cada uno de estos tipos admite diversas clases según que las informaciones que suministran sean singulares o generales o al rango de validez que tienen esas informaciones.

2 – 2. Enunciados de primer nivel

Los enunciados de primer nivel, también llamados “enunciados empíricos básicos”¹, además de usar un vocabulario lógico se caracterizan por dos condiciones:

- Todos los términos que en ellos figuran son empíricos, ya sea que provengan del lenguaje ordinario, del científico presupuesto o que sean términos específicos de la teoría a la cual se refieren.

¹ Es preferible llamarlos “enunciados de primer nivel” ya que el adjetivo “básicos” puede llevar a la creencia de que son fundamentales.

- Deben ser singulares o muestrales², es decir deben referirse a una sola entidad o a un conjunto finito y accesible de ellas.

Son ejemplos de enunciados de primer nivel, expresiones como “Esta barra mide 2,34 m” o “El 25% de los alumnos del curso de Álgebra II del Departamento de Física son varones”.

La combinación de dos enunciados de primer nivel forman también un enunciado de primer nivel. Por ejemplo la combinación de “la viga forma un ángulo de 87° con la pared lateral” y “la columna que la soporta mide 2,40 m” es también un enunciado de primer nivel.

Estos enunciados tienen la ventaja de que, mediante observaciones oportunas, puede dirimirse si son verdaderos o falsos. En algunos casos pueden haber impedimentos o perturbaciones que obstaculicen la observación (por ejemplo, que haya un corte de energía eléctrica que impida iluminar un objeto) pero, en principio, salvo en tales casos ocasionales, la verdad o falsedad de los enunciados empíricos básicos puede dilucidarse. En esto radica su importancia para el conocimiento científico ya que, considerados como problema para el conocimiento, constituyen cuestiones resolubles. Lamentablemente, la ciencia no puede tomar en cuenta únicamente este tipo de enunciados, precisamente por sus condiciones de singularidad, finitud y efectividad. Las leyes científicas tienen que ser expresadas no mediante enunciados singulares sino mediante afirmaciones generales. Estas generalizaciones abarcan una cantidad de casos que van más allá de las muestras y, por supuesto, mucho más allá de la singularidad de cada caso individual.

El registro de observaciones o los informes de experimentos en una investigación científica constituyen una lista de enunciados empíricos básicos, siempre y cuando no incluyan aspectos interpretativos. Si un informe dice, por ejemplo, que en una solución de ácido bromomalónico y sulfato de cerio (III), el indicador ferroína viró del rojo al azul, esta afirmación constituiría un enunciado de primer nivel. Pero si el informe dice “la ferroína viró del rojo al azul debido a un cambio en el número de oxidación del catión cerio (III)”, aunque sea singular, este enunciado no es de primer nivel pues presupone una interpretación que se evidencia por el término teórico “número de oxidación”. En general, estos enunciados empíricos básicos

² Por definición, una muestra es finita y accesible.

se emplean cuando hay que registrar o comunicar una casuística. Sirven para intentar formular generalizaciones que se emplean en las llamadas “leyes científicas”. Pero estas últimas no son enunciados de primer nivel.

2 – 3. Generalizaciones y leyes empíricas

Los enunciados de segundo nivel son expresiones que formulan “generalizaciones empíricas”. También éstas se caracterizan por dos condiciones. Al igual que en el caso de los enunciados empíricos básicos, el vocabulario de estos enunciados de segundo nivel es lógico y empírico, y por tanto el discurso atañe exclusivamente a la base empírica. No aparecen en ellos entidades inobservables, de carácter teórico. Pero la segunda condición establece la diferencia con los enunciados de primer nivel: ya no se trata ahora de afirmaciones singulares, sino de afirmaciones generales que establecen regularidades, uniformidades, en conjuntos tan amplios que no son directamente accesibles, como si lo eran las muestras. Se trata de enunciados empíricos generales, tales como “Todos los metales son conductores de la electricidad” o “El 8,1 % de los habitantes de la Argentina en condiciones de trabajar se encuentran desocupados”. Se suele emplear la expresión “leyes empíricas” para denotar a los enunciados empíricos generales aceptados por los científicos como conocimiento válido ya que son considerados leyes que expresan regularidades de la naturaleza, del comportamiento humano, de las sociedades y, en general, de la realidad. Por supuesto, la aceptación de tales enunciados por la comunidad científica implica que previamente han sido sometidos con éxito a determinadas pruebas o verificaciones.

Hay dos acepciones principales de la palabra “ley”. Una es ontológica y se refiere a las cosas o entidades, la otra es lingüística y está vinculada a los enunciados o expresiones que utiliza el científico.

En sentido ontológico, una ley (o “ley natural”) indica una regularidad presente en la realidad misma. La llamada “Ley de Boyle – Mariotte” es ontológica ya que se refiere a lo que sucede con las cosas mismas, en este caso al comportamiento de los gases bajo determinadas condiciones. En cambio, en sentido lingüístico una “ley” designa un “enunciado” que expresa, o pretende expresar, alguna regularidad natural. Podría decirse que una ley en sentido lingüístico es la expresión de una ley en sentido ontológico.

Se suele hacer una distinción entre “generalizaciones accidentales” y “leyes naturales propiamente dichas”. Si, por ejemplo, se comprueba que todos los jugadores de un equipo de fútbol de primera división tienen menos de 25 años, se suele decir que esta generalización es accidental en el sentido de que no permite afirmar que todos los jugadores de fútbol de todos los equipos de primera división tienen menos de 25 años. Sin embargo, no hay consenso para establecer los requisitos para diferenciar una generalización accidental de una ley natural”. Valga el siguiente ejemplo: “Todos los habitantes de la Provincia de Mendoza miden menos de 2,10m”. Para un antropólogo que estudia las características del habitante de esa provincia, esa afirmación tiene el carácter de ley, mientras que para un colega que estudie las características del habitante del país puede ser sólo una generalización accidental.

Tanto las generalizaciones accidentales como las leyes naturales pueden ser utilizadas para elaborar hipótesis o teorías, por lo que conviene usar ambas expresiones como sinónimo de generalización o regularidad.

2 – 4. Generalizaciones universales

Hay muchas clases de generalizaciones. Los enunciados generales se refieren a una población o un género, sin excepción. Pero cuando se habla de leyes, tradicionalmente se presupone que se trata de generalizaciones universales, enunciados que afirman algo para cada uno de los miembros de un conjunto o una población sin excepción alguna. “Todos los hombres son mortales” es una generalización universal, pues lo que se quiere decir es que para cada caso de ser humano, sin excepción, se hallará su condición de mortalidad. Si decimos que los cuerpos se atraen con una fuerza que es proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de las distancias que los separan, hacemos una afirmación válida para todo cuerpo, sin que haya ningún caso que actúe como de contraejemplo. Esta generalidad absoluta, que no admite excepciones, parece estar ligada intrínsecamente al significado de la palabra “ley”. En estos casos hablaremos de “enunciados universales” y, si corresponde, de “leyes universales”. Para muchos filósofos de la ciencia, la palabra “ley” sólo puede ser aplicada a esta clase de enunciados.

Se pueden emplear enunciados universales a modo de hipótesis, pero probar su verdad o falsedad no siempre se logra fácilmente y de inmediato. En muchos casos, tales enunciados se expresan a modo de conjetura y considerarlos como "ley" será provisional, en tanto no se demuestre su falsedad.

El conjunto de entidades a los que se refiere un enunciado universal está constituido por una enorme cantidad de entidades que pueden presentar la característica que expresa ese enunciado. En muchísimos casos, esa cantidad es infinita. De modo que verificar la validez de un enunciado universal implicaría analizar caso por caso para comprobar que en cada uno de ellos se cumple la característica que describe el enunciado. Esa tarea es harto difícil si no imposible. De modo que resulta difícil, si no imposible, verificar enunciados universales y, por lo tanto, leyes científicas. Esta dificultad o imposibilidad, plantea uno de los más importantes problemas de la epistemología: si es difícil o imposible verificar los enunciados que tienen la pretensión de convertirse en leyes científicas, ¿cuál es el fundamento de lo que llamamos conocimiento científico, del cual ponderamos sus éxitos espectaculares y la importancia que tienen para las sociedades modernas?

Por su propia universalidad estos enunciados presentan una asimetría notable para su verificación o refutación. Mientras que es prácticamente imposible verificarlos, para probar la falsedad de una ley universal basta mostrar un contraejemplo, o sea, encontrar un caso particular entre aquellos que abarca el enunciado, para el cual la propiedad afirmada con carácter general no se cumple. El ejemplo típico lo constituyó la afirmación "todos los cisnes son blancos" que implicaba que todos los cisnes, conocidos y desconocidos, que hubo en la antigüedad, que hay en el presente y que habrá en el futuro son blancos. Bastó con que, en 1697, Willem de Vlamingh descubriese en Tasmania la existencia de un cisne negro para que el enunciado dejase de tener carácter universal.

2 – 5. Generalizaciones existenciales

Un segundo tipo de enunciados generales son los llamados "existenciales". Son de un carácter aparentemente más modesto que los enunciados universales, pues en lugar de afirmar que una propiedad o característica se cumple para todos los miembros de un conjunto o de una población, lo hacen acerca de algu-

nos de ellos (sin excluir la posibilidad de que se cumpla para todos). Como se comprende, hay cierta diferencia entre decir "Todos los casos de linfoma no Hodgkin se curan con Rituxan³" que decir "Algunos casos de linfoma no Hodgkin se curan con Rituxan". Este tipo de enunciados parecen estar más próximo a los enunciados empíricos básicos que a los enunciados universales. Pero tienen el mérito de que, frecuentemente, motivan investigaciones dando lugar a nuevos enunciados existenciales que amplían el número de casos en los que la generalización existencial es válida. Por ejemplo, "El número de casos de linfoma no Hodgkin que se curan con una combinación de Rituxan e interleuquina 2, es mayor que el número de casos que se curan usando solamente Rituxan".

En el caso de los enunciados existenciales, también se presenta una asimetría como la comentada para los enunciados universales. Pero, a la inversa, resulta sencillo verificar un enunciado existencial pero difícil refutarlo. Para verificarlo basta hallar un solo ejemplo apropiado: si encontramos un enfermo con linfoma no Hodgkin que se cura con Rituxan, quedará probado que algunos enfermos se curan con ese anticuerpo. La dificultad radica en refutar el enunciado existencial, porque se debería aplicar Rituxan a todos los enfermos con linfoma no Hodgkin y comprobar que ninguno se cura.

Algunos epistemólogos, como Karl Popper y sus seguidores, sostienen que el término "ley" sólo debe aplicarse para los enunciados universales y niegan su uso para los enunciados existenciales. En cambio, otros sostienen que los enunciados existenciales cumplen un papel tan importante en las teorías científicas que no objetan el uso de la palabra "ley" y distinguen explícitamente entre leyes universales y leyes existenciales.

2 – 6. Generalizaciones mixtas

Algunos epistemólogos proponen la existencia de enunciados generales de segundo nivel a los que llamas "generalizaciones mixtas". Mientras que los enunciados universales son imposibles de verificar y los existenciales son imposibles de refutar, los enun-

³ El Rituxan es la marca comercial de un anticuerpo monoclonal que se une a las proteínas en la superficie de los linfocitos B. Esta unión estimula al sistema inmunológico a atacar y a eliminar a las células B cancerosas.

ciados mixtos son a la vez imposibles de verificar y de refutar. Se trata de enunciados que tienen un aspecto universal pero además otro existencial, como por ejemplo "todos los hombres son mortales". En efecto, se trata de un enunciado universal: dice que para todo hombre se cumple la característica que el enunciado afirma. Esto es imposible ya que para hacerlo habría que comprobar que toda la población humana, la presente y la futura, es mortal. Tampoco es posible refutarla en tanto hay hombres que todavía no han muerto y es imposible probar que son inmortales.

2 – 7. Generalizaciones estadísticas o probabilísticas

Un cuarto tipo de enunciado general lo constituyen los "enunciados estadísticos" o "probabilísticos", donde se le adjudica a una población, que puede ser infinita o finita pero no accesible, una proporción estadística. En algunos casos, esa proporción se expresa mediante porcentajes. En otros casos, mediante números probabilísticos. Por ejemplo "la probabilidad de que el espín electrónico de un átomo de hidrógeno, en su estado fundamental y en ausencia de campo magnético, sea $+ \frac{1}{2}$ es 0,50. Este tipo de enunciados considera a todos los átomos de hidrógeno del Universo y le adscribe un número probabilístico.

Los enunciados probabilísticos son difíciles de verificar y de refutar ya que de lo único que se suele disponer para controlar este tipo de enunciados son las proporciones en las muestras y no en los conjuntos totales.

Algunos epistemólogos consideran que los enunciados probabilísticos no tienen el carácter de leyes. Otros, especialmente los que se ocupan de las ciencias sociales, les adjudican el carácter de leyes ya que son la fuente principal de información de las regularidades en las poblaciones lo que permite el desarrollo de esas disciplinas.

2 – 8. Enunciados de tercer nivel (enunciados teóricos)

Los enunciados de tercer nivel o "enunciados teóricos" se caracterizan por tener, al menos, un término teórico. Pueden ser singulares o generales.

Cuando en Física se afirma que el impacto de un cuanto de luz ultravioleta sobre una placa de cadmio provoca la emisión de un electrón, esa afirmación es un enunciado teórico, ya que "cuanto" y "electrón" son términos del vocabulario teórico.

Se suele diferenciar entre enunciados teóricos "puros" y enunciados teóricos "mixtos". En los primeros, además de los términos lógicos, sólo figuran términos teóricos. Cuando Dalton afirmó que "los átomos se combinan en proporciones numéricas sencillas" expresó un enunciado teórico puro, dado el carácter inobservable de los átomos. En cambio, "en 18,0 gramos de agua hay el número de Avogadro de moléculas" es un enunciado teórico mixto, ya que 18,0g de agua es un dato de la base empírica y "molécula" es un término teórico.

Si se formula una teoría constituida únicamente por enunciados teóricos puros, no sería posible deducir de ellos nada aplicable a la experiencia, por lo que sería imposible efectuar predicciones acerca de lo que puede suceder en la base empírica. Por ello, para que una teoría sea útil para describir, explicar y/o predecir alguna porción de la base empírica, es imprescindible que contenga enunciados teóricos mixtos. Estos enunciados se suelen llamar "enunciados puente" ya que vinculan conceptos puramente teóricos de una disciplina con lo observable localizado en la base empírica. También se los suelen llamar "reglas de correspondencia"

2 – 9. ¿Cómo acceder a los enunciados de segundo y tercer nivel?

A partir de los enunciados empíricos de primer nivel se suelen formular generalizaciones empíricas ya sean estrictas o estadísticas. Ese proceso se denomina "inducción" y el método que se aplica se llama "método inductivo". Pero resulta que las generalizaciones así obtenidas se refieren exclusivamente a observables, es decir, a entidades de la base empírica. El proceso de inducción no permite alcanzar formulaciones de enunciados de tercer nivel ya que en ellos se incluyen términos "teóricos" que son inobservables.

Para alcanzar un enunciado de tercer nivel, el científico imagina qué puede haber más allá de lo observable que explique el comportamiento de lo observado y propone una generalización que sólo es producto de su imaginación. Se dice que hace un "salto

creativo” y elabora una hipótesis sobre comportamiento y propiedades inobservables que justifiquen los resultados empíricos. Por ejemplo, en 1911 dos colaboradores de Ernest Rutherford, Hans Geiger y Ernest Marsden, bombardearon una delgada lámina de oro con un haz de partículas alfa. La gran mayoría de esas partículas atravesaban la lámina sin desviarse e impactaban sobre una pantalla de sulfuro de cinc provocando un destello luminoso: Un pequeño porcentaje de partículas alfa se desviaba ligeramente de su trayectoria y un porcentaje muchísimo más pequeño “rebotaba”. Rutherford lo graficaría diciendo “era como dispararle con un revolver a un hoja de papel y que la bala rebote”. Se sabía que las partículas alfa tienen carga eléctrica positiva de modo que las pequeñas desviaciones en sus trayectorias podrían deberse a una interacción electrostática ya sea con las cargas positivas o negativas de los átomos de oro. Que la mayor parte de las partículas alfa no sufriese desviación alguna era indicador de una interacción electrostática prácticamente nula. Que unas pocas partículas rebotasen hizo pensar en que incidía sobre una zona con alta concentración de carga positiva. Esto los llevó a “crear” un modelo de átomo llamado “modelo planetario” en el que toda la carga positiva está concentrada en un pequeño punto del mismo y los electrones giran alrededor de esa carga a distancias considerables contrarrestando la atracción electrostática con el movimiento centrífugo. El radio medio de giro de los electrones debería ser muy grande y eso explicaría que la mayoría de las partículas alfa atravesase el átomo sin desviarse.

El átomo, su núcleo, sus electrones son inobservables pero mediante un salto creativo se puede formular una hipótesis que permita explicar el comportamiento subyacente a los enunciados de segundo nivel. Obviamente, en la propuesta de hipótesis intervienen las facultades racionales. La estructura hipotética es imaginaria pero debe garantizar que mediante deducciones lógicas se explique no sólo un enunciado de segundo nivel sino que, además, todas las consecuencias que se pueden derivar de la hipótesis por un camino lógico, puedan ser susceptibles de ser corroboradas mediante la experimentación.

Bibliografía

Bar-Hillel, Y, Bunge, M., Mostowski, A., Piaget, J., Salam, A., Tonal, L. y Watanabe, S.: (1983). *El pensamiento científico. Conceptos, avances, métodos*. Ed. Tecnos-Unesco. Madrid.

Chalmers, A.F.: (1988) *Qué es esa cosa llamada ciencia*. Siglo XXI Editores. Buenos Aires.

Klimovsky, G.: (2005) *Las desventuras del conocimiento científico* 6ª. Edición. AZ editora. Buenos Aires.

Lorenzano, C. J.: (1994) *La estructura del conocimiento científico*. 2ª. Edición. Editorial Biblos. Buenos Aires