

## Material complementario del módulo 2

### Límites de la formalización

En la Conferencia de Piaget en la Universidad de Columbia disponible entre los materiales del módulo 2 Piaget habla de los límites de la formalización en la epistemología y uno de los ejemplos que cita es el teorema de Gödel.

¿Qué ejemplo paradigmático tenemos en informática que muestre los límites de la formalización y la necesidad de recurrir a la relación entre psicología y lógica?

### Sobre el análisis histórico crítico de la historia de las ciencias

Para aclarar qué significa el análisis histórico crítico de la historia de las ciencias citamos un extracto de la entrevista a Rolando García realizada por Antonio Castorina “Piaget, las ciencias y la dialéctica” accesible en <https://www.herramienta.com.ar/piaget-las-ciencias-y-la-dialectica> (negritas nuestras).

*Lo más interesante en el estudio de la ciencia es **cómo se generaron los conceptos**. Y a veces uno descubre que se generaron a partir de conceptos totalmente erróneos, que aplicados de cierta manera llevaron a resultados positivos. El ejemplo más claro es el nacimiento de la termodinámica con Sadi Carnot. [10] El problema que él se propuso es un problema que tiene que ver con la sociedad y con la política. La termodinámica surgió por razones económicas, pero no económicas de dinero, sino de problemas socioeconómicos. Cuando terminaron las guerras napoleónicas y Napoleón fue derrotado, termina un período en que Francia estaba totalmente separada de Inglaterra y ese período fue el de explosión industrial en Inglaterra, sobre todo con la máquina a vapor. Cuando termina la guerra los franceses se lanzan a Inglaterra y ven un mundo extraordinario con máquinas a vapor por todos lados. Había cambiado el sistema productivo. Entonces, se plantean el problema de cómo hacer eso en Francia. El problema es que los ingleses iban a Gales, rascaban el piso y salía carbón, pero en Francia no sabían dónde tenían carbón, no había prospección del suelo. Como no podían tener gran producción de carbón, aunque tuvieran el mismo número de máquinas, ellos no podrían hacerlas funcionar. Entonces, el problema que se plantean es cómo construir una máquina más eficiente, o sea, que utilice menos carbón. **Ese es el problema que se plantean y sale Carnot y llega a un descubrimiento sensacional**: que hay un límite en la eficiencia, no importa cómo se construya la máquina, con qué elemento, de qué manera, con qué estructura. Hay un límite. Una máquina a vapor funciona con fuentes a dos temperaturas distintas. Consiste en el pasaje de calor de una a otra y en el pasaje se opera la transformación en energía mecánica. Y dadas dos temperaturas hay un límite máximo de eficiencia que no se puede superar, no importa cómo se construya la máquina. Ese fue un descubrimiento absolutamente sensacional. Ahora ¿Cómo lo descubre Sadi Carnot? Haciendo una comparación entre el pasaje de calor, de una fuente a otra, con un salto de agua. Con el salto de agua y una turbina abajo. Cuando mayor la altura, más fuerte cae, tiene más energía. La energía que recibe la turbina depende de la altura de la caída de agua. Bueno, dice, pasa lo mismo con el calor. La transformación que se hace depende de las diferencias de temperatura. Con lo cual asimila que el calor es una substancia, que llamó calórico, y supone que pasar un cuerpo de caliente a frío consiste en*

pasar dicha substancia del cuerpo caliente al frío, **lo cual es una cosa totalmente falsa. Pero con esa falsa concepción llegó a demostrar lo que sería luego el comienzo de la Termodinámica.** Esta historia tiene un corolario que para mí es muy relevante en la historia de la ciencia. En esa época de Carnot se revirtió el proceso, porque la ciencia, no la tecnología, había progresado más en Francia que en Inglaterra y los ingleses iban a estudiar a Francia. Quien después sería Lord Kelvin, que por entonces era William Thompson<sup>[11]</sup>, fue a estudiar a Francia y ahí absorbió la teoría de Sadi Carnot. Cuando vuelve, en la Royal Society, estaba Joule haciendo su famoso experimento, que se estudia en la escuela secundaria: un tarro con un líquido, que tiene un eje con paletas. Se agita girando ese eje y, agitando mucho, sube la temperatura. Entonces, Joule explicaba que la agitación produce calor. Y William Thompson en 1848 publica un artículo diciendo que es una experiencia muy impresionante, pero que la explicación de ello, de que se genera calor con el movimiento, es completamente absurda. Esto lo he repetido muchas veces en clases, por eso tengo grabadas las fechas. En 1849, un año después, vuelve a describir el experimento y dice: esta es la experiencia más sensacional del siglo. Eso se lo expongo a los alumnos, y les pregunto: ¿qué pasó? William Thompson no hizo una nueva experiencia. **Un año después de la experiencia de Joule dice que es una experiencia sensacional, pero un año antes había dicho que era un disparate.** ¿Qué pasó ahí? Lo que pasó fue muy sencillo. En ese momento, él mismo, pero sobre todo los alemanes, empezaron a descubrir que el calor no era una substancia, sino que era la energía cinética de la agitación de las moléculas. Ah, entonces si pensamos que es una substancia, es un disparate pensar que se genera agitando, pero si pensamos que es energía cinética de las moléculas, es evidente que con la agitación va a aumentar. O sea, **el mismo experimento con dos concepciones teóricas distintas, en un caso es un disparate y en otro es la experiencia más sensacional del mundo. Lo que cambió fue la teoría con la cual se interpretaba la experiencia.** Yo creo que enseñarle la historia de estos fenómenos a los muchachos les despierta más interés, les hace entender que no surgieron las cosas así por una inspiración, que tuvieron un proceso a veces muy complicado y muy largo, hasta que los conceptos se fueron afinando. No son tan geniales. O, mejor dicho, el genio de los científicos (geniales) se expresa de otra manera.