

El Método Inductivo y la enseñanza de las ciencias (I)

Si en estas exposiciones acometiese, sin preámbulo alguno, el tema didáctico caería en el propio esquematismo que critico y del que insistentemente invito al lector a salir. A mi entender ir al grano en estas cuestiones pasa ineludiblemente por algunas consideraciones que nos muestren cómo se ha hecho y se hace ciencia en los laboratorios y en el campo y cómo, a pesar de las inevitables distancias en relación al contexto histórico, tanto en cantidad como en calidad, se pudieran aprovechar estas lecciones históricas para mejorar sensiblemente el aprendizaje de las Ciencias en los centros escolares.

Un breve esbozo histórico puede servir para mostrarnos lo que ya está superado, lo que aún perdura, las limitaciones del método en cuestión, lo que aún cabe hacer para perfeccionarlo, cómo ha ido desarrollándose, las dificultades de diverso signo que han debido superarse, etc., y de este modo actuar con más realismo con los alumnos.

Desiderio Fernández Manjón

1. Inducción y Ciencias Experimentales

Ciertos aristotélicos de la antigüedad clásica y algunos frailes científicos medievales, en especial los de la Escuela de Oxford, desarrollaron el método inductivo y lo utilizaron con éxito notable. Es un proceso que comenzó a analizar Aristóteles en su «Segundo Analíticos» (o «Analíticos posteriores»). Distinguió varios tipos de inducción, aunque en opinión de pensadores modernos como FERRATER MORA (1) no logró esclarecerlo. Sobre todo, Aristóteles centró su trabajo en la indiferencia inductiva enunciativa: a partir de un gran número de casos que cumplen una determinada propiedad generaliza y sostiene que toda esa clase de objetos la cumple, y en la inducción intuitiva, según LOSEE (2).

DUNS SCOTT ideó un nuevo método inductivo basado no en la enumeración exhaustiva, sino en la contrastación y la eliminación (3). W. OCCAM ideó otro en el sentido de la inducción eliminativa (4). Ambos métodos fueron recogidos por St. MILL con otros dos de su cosecha también eliminativos (5). F. BACON desarrolló ideas en torno a una posible inducción apoyada en la enumeración y en la exclusión. Asimismo los aristotélicos europeos a partir de sus métodos milenarios, coetáneos de Galilei y de Bacon, también lograron grandes conquistas, en especial en Biología: HARVEY en Anatomía y MALPIGHI en Embriología. No pierda de vista el lector que incluso el innovador COPERNICO y más aún Galilei, son profundamente aristotélicos en varios de sus puntos, como en el de los movimientos circulares de los planetas.

Francis Bacon no logró con su «Novum Organum» (1620) mejoras sensibles en relación a la inducción aristotélica. Quizá algunos de los mayores méritos de Bacon fueron: concienciar sobre la necesidad ineludible de la experimentación y no contentarse con deducir como hicieron en el Medioevo muchos y seguían haciendo aún, acudir a la naturaleza en vez de ir a los libros clásicos griegos, las recomendaciones para evitar generalizaciones precipitadas a partir de pocos casos y poco fundamentados y que los científicos habían de cooperar entre sí («New Atlantis» 1627) evitando la ruindad entonces generalizada de usar claves particulares, formas de escribir invertidas, para que nadie comprendiese los propios descubrimientos y se los apropiase. Recuérdese que aún medio siglo después de esto, por ejemplo el pillito y avisado NEWTON parece que plagió alguna de las cosas de gran

trascendencia que le enviaba o discutía el místico LEIBNITZ. El británico HUGH KEARNEY (6) asegura que Bacon es profundamente aristotélico, a pesar que contribuyó tanto a relegar y vituperar a su maestro.

La inducción, como ha demostrado la historia de la ciencia, no responde a unas reglas muy concretas y menos aún a reglas que exijan cuasi exhaustividad: en algunos casos a partir de un solo dato o un conjunto de datos referido a un sólo objeto o especie, se lanza una gran teoría; así DARWIN formuló la Teoría de la Evolución de las Especies a partir de las observaciones que, él y principalmente el capitán del Beagle FITZ-ROY, realizaron en las aves denominadas pinzones encontradas en las Islas Galápagos; a partir de una sola especie estudiada en un lugar concreto y relativamente pequeño de la Tierra -y una vez ya embarcados es cuando Darwin se dio cuenta de ello sin posibilidad material de retornar para tomar más datos- se generó una de las teorías más portentosas de la Historia de la Ciencia. Más aún, posteriormente, el propio Darwin se arriesgó a formular una teoría más trascendente aún, partiendo de la teoría evolucionista que había lanzado: la teoría de la Descendencia Filogenética de la Especie Humana. Por contra, sólo la observación minuciosa y la recopilación exhaustiva de todos los datos posibles evita errar en generalizaciones como les ocurrió a BODE y TITUS a finales del siglo xviii: su ley incluso sirvió para predecir la existencia de un planeta entre Marte y Júpiter, que fue parcialmente confirmado por PIAZZI cuando en 1801 descubrió el planeta del Cinturón de los Asteroides llamado Ceres. HERSCHEL padre, descubrió Urano y se ajustaba también a la citada ley; pero Neptuno no la cumplió, ni Plutón. Circunstancias de índole similar llevaron a HERSCHEL hijo a comienzos del siglo xix («Discurso Preliminar sobre el Estudio de la Filosofía Natural» 1830) a acentuar la carga de la experimentación más en los aspectos a posteriori (contrastación: contexto de justificación) que en los aspectos apriorísticos: formulación de hipótesis; de tal modo que es la contrastación la que puede equiparar en validez una intuitiva conjetura surgida de un momento de lucidez con un minucioso y largo trabajo experimental inductivo (7). También St. Mill pone de relieve esta gran contradicción en su «Sistema de Lógica» y da la alternativa de sus conocidos cuatro métodos (8).

No pensemos que todos los grandes científicos de la actualidad proceden de rigurosa manera; hay algunos que son genialmente chapuceros, como el soviético KAPITZA, en decir de J. D. BERNAL. Otros generalizan alegremente los resultados obtenidos experimentalmente extrapolándolos de una clase de seres a otra sin mayores escrúpulos como si de un mero formalismo hilbertiano se tratase, como ocurre entre ciertos etólogos (recuérdense las teorías fascistoides de K. LORENZ sobre la agresividad humana) y psicólogos conductistas (los métodos de aprendizaje de las palomas, SKINNER los traslada mecánicamente a la especie humana): las diferencias, dicen, son cuestión de cantidad, no de cualidad; no hay salto cualitativo alguno, tratándose de un mero proceso de complejización cuantitativo, pero sin que aparezcan factores de nuevo cuño en los mamíferos, ni siquiera en el hombre. No obstante científicos positivistas como PAVLOV supieron trascender esta tentación reduccionista y distinguieron que en el hombre aparecía un específico sistema de señales que denominó segundo sistema de señales inaccesible a las demás especies, que implicaba grandes cambios, incluso fisiológicos como el desarrollo del lóbulo frontal de córtex cerebral.

En muchos procesos inductivos no podremos llegar jamás a la certeza absoluta porque ni se puede proceder a recopilar todos los datos ni proceder a falsear; o al menos ninguna de las dos cosas puede realizarse a corto plazo. ¿Qué hacer mientras? Cambiar el discurso triunfalista por otro probabilístico. A pesar de las pretensiones de las verdades necesarias aristotélicas no está muy claro que existan y menos aún que sean abundantes. Pero la contingencia y la falta de seguridad absoluta es una característica de todo el conocimiento

científico globalmente considerado y no sólo el conseguido vía inductiva. Sólo determinados fenómenos nos proporcionan verdades absolutas: la mortalidad de los hombres y de los seres pluricelulares; no hay mortalidad en los seres que se autoduplican. Luego no podemos decir que la muerte es algo inherente a la vida. En cambio sí podemos decir que todos los seres son catabólicos, aunque enseguida habrá que decir que los procesos metabólicos en determinados seres tienen la facultad de controlarlos de tal manera que algunos de ellos pueden perdurar como seres autónomos millones de años, y muchos otros en sus períodos de hibernación. Ciertamente que un número de verdades absolutas (y por tanto necesariamente son condición sine qua non es posible la materia) sí que podemos encontrar: saltos cualitativos, el movimiento, la discontinuidad, la masa, la energía, la relatividad del espacio y del tiempo, entre otras.

2. La enseñanza de las Ciencias y la inducción

“La contingencia y la falta de seguridad absoluta es una característica de todo el conocimiento científico y no sólo el conseguido vía inductiva. ”

Si como hemos visto el proceso de inducción es tan importante en el descubrimiento de la Ciencia y adopta una gama tan variada cifrándose a la tarea concreta que se desarrolla, esta versatilidad habremos de tenerla en cuenta a la hora de utilizarla en la enseñanza. Y dado que el proceso inductivo nunca culmina las tareas investigadoras en la escuela habremos de utilizarlo: unas veces completándolo con una falsación, otras con una deducción, con una contrastación experimental, con una comprobación, etc.

Podemos distinguir varios niveles de inducción: en un primer nivel desde los seres concretos de una determinada clase, género o especie podemos pasar a la propia clase o especie; un segundo nivel permite pasar de la consideración de varias clases o especies de seres a un peldaño superior generalizador. Desde el punto de vista de estudiantes de EGB o de EEMM considero de gran interés mentalizar a los alumnos en la fina observación de las condiciones iniciales, en el control de las condiciones experimentales y en la revisión lo más profunda posible de las mismas, proyectando a continuación, si es posible, nuevos experimentos donde establezcamos mejor control de las variables. Por ejemplo, sería poco riguroso que un estudio, incluso minucioso, que realizasen los alumnos en una especie animal o vegetal en un parque lo hiciesen extensible a toda la especie, ya que las condiciones iniciales y las condiciones de experimentación no son las mismas en el parque que en el medio no controlado por el hombre.. Así, en los parques ciertas especies vegetales adoptan formas especiales debido a la acción de poda, a la densidad arbórea, a las condiciones climáticas, regadíos, limpieza de hierbas, insecticidas, contaminación atmosférica y de aguas, suelo inadecuado... Pudiéramos también considerar lo que les ocurre a los animales en cautividad y domesticación.

Aprovechar aspectos y experiencias de la vida ordinaria de cada alumno que vive en unas condiciones de hábitat, tecnológicas y culturales determinadas para inducir, conjeturar, etc. es especialmente interesante y factible en Ciencias Naturales como lo es en Sociales. A su vez hacerles reflexionar sobre su propia experiencia vital les motiva para el estudio; quedarse en estos niveles de estudio en las meras experiencias de laboratorio, es paralizante: entre otros muchos objetivos el estudio tiene que servir para comprender mejor el mundo natural y el mundo tecnológico y las relaciones socioeconómicas y de este modo facilitar su transformación posterior.

Voy a decir unas palabras en torno a experiencias que bien sea por su coste o por su peligrosidad no pueden realizarse en la escuela. En relación a lo segundo: los alumnos comprenden con rapidez, si se les expone con claridad y sin dogmatismos, que el riesgo físico inherente a la manipulación de ciertas sustancias químicas es muy grande, que han

causado graves accidentes y no se pueden volver a repetir; así echar agua sobre un ácido fuerte. Estaríamos en casos de inducción extrema: simplemente basándonos en testimonios, generalizamos y aprendemos una ley o norma. Pero el niño ha estado sometido a este tipo de aprendizaje: ninguno ha sido dejado a su antojo para ser arrastrado por la gravedad, y sabe que no puede ponerse en una estrechísima cornisa débil o colgado de una fina rama de árbol. Quizá con el tiempo en alguno de nuestros alumnos se desarrolle el sentido de pirómano, o se ponga a jugar con un trozo grande de sodio sobre agua o a calentar clorato potásico en vasija cerrada, o se someta voluntariamente a una corriente de 220 V. El problema será de él si nosotros les advertimos ahora los grandes riesgos que estas cosas suponen para la vida; pudiendo llegar incluso a la muerte.

(1) FERRATER MORA, José: Diccionario de Filosofía. Artículo Inducción.

(2) LOSEE, John: Introducción histórica a la filosofía de la ciencia. Alianza Universidad. Madrid, 1981 (3.a edición), pág. 17.

(3) LOSEE, op. cit., pág. 42.

(4) LOSEE, op. cit., pág. 42.

(5) LOSEE, op. cit., págs. 156-158.

WARTOFSKY, Marx: Introducción a la filosofía de la ciencia. Alianza Universidad, Madrid, 1978 (3.a edición, tomo I), pág. 291.

(6) KEARNEY, Hugh: Orígenes de la Ciencia Moderna 1500-1700. Guadarrama. Madrid, 1970.

(7) LOSEE, op. cit., págs. 128-137.

(8) LOSEE, op. cit., págs. 156-158.

WARTOFSKI, op. cit., pág. 294.