

El método en la ciencia: origen y divergencias según Ruy Pérez Tamayo

Katia A. Figueroa-Rodríguez^{1§}

Dora M. Sangerman-Jarquín²

¹Colegio de Postgraduados-*Campus* Córdoba. Programa de Innovación Agroalimentaria Sustentable. Carretera Córdoba-Veracruz km 348, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. CP. 94953. ²Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco km 13.5, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, México. CP. 56250. (sangerman.dora@inifap.gob.mx).

§Autora para correspondencia: fkatia@colpos.mx.

Resumen

Los científicos(as) tienen el reto de estudiar diferentes fenómenos, esto los lleva a plantear una diversidad de preguntas que se responden utilizando diferentes métodos de investigación que varían también dependiendo del grado de desarrollo de cada área del conocimiento en particular. Pese a esta diversidad en la ciencia, se tiene la connotación de que existe un único método científico: el método hipotético-deductivo. Este artículo retoma la obra de Ruy Pérez Tamayo: ¿existe el método científico?, para recorrer el desarrollo histórico de diversos métodos y conceptos pertinentes para la ciencia con el objetivo de permitir al lector(a) tener una visión holística pero centrada en los diversos métodos y herramientas para hacer ciencia.

Palabras clave: filosofía de la ciencia, método hipotético-deductivo, método inductivista.

Recibido: julio de 2022

Aceptado: noviembre de 2022

La manera en que la humanidad se ha acercado al conocimiento de los objetos y los fenómenos ha cambiado de manera constante a lo largo de la historia. Los antiguos griegos concibieron a la ciencia como el conocimiento total; sin embargo, se enfocaron en los fenómenos naturales y físicos y no sería sino hasta siglos más tarde, con las contribuciones de Augusto Comte que señalaría la necesidad de una ciencia de la sociedad.

La diversidad de fenómenos (naturales y sociales) existentes, han generado una variedad de métodos para hacer ciencia (Sousa, 2016) y no solo método para hacer ciencia (Hill, 1985; Hodson, 1996; Ariza *et al.*, 2020). Estos pueden incluir: la discusión abierta (Teixeira *et al.*, 2015), la creación de modelos, la analogía, el reconocimiento de patrones, la inducción, la simulación por computadora (Wivagg y Allchin, 2002), estudios de cohortes, estudios de control de casos, estudios transversales y otros estudios de observación como las series de casos (Feinstein y Horwitz, 1982) o los estudios de caso (Yin, 2017) así como, otras herramientas diferentes a la experimentación y que requieren el desarrollo del pensamiento creativo.

A esto, hay que sumar discusiones contemporáneas sobre el género en la manera de hacer y divulgar la ciencia (Bernabé, 2019), así como a las nuevas maneras de hacer ciencia: multidisciplina, transdisciplina, interdisciplina, así como la colaboración transfronteriza de diversas áreas del conocimiento a diferentes niveles (Aguilera y Pino, 2019; Errecaborde *et al.*, 2019).

El hecho de que no todas las hipótesis científicas pueden ser probadas a través de la experimentación, como pueden ser las investigaciones de corte histórico que implican fenómenos que no son observables y que tampoco pueden ser replicables en un laboratorio (Cleland, 2001), han generado un debate sobre si son ciencia. Lo que ha generado que, en áreas como la agronomía, un estudio donde no haya experimentación pueda ser rechazado al no ser considerado como científico (Maat, 2011).

Dentro de este contexto, este artículo tiene como objetivo presentar diversas contribuciones históricas referente al quehacer científico. Referir al método científico parece trivial; sin embargo, algunos(as) docentes e investigadores(as) no conocen ni el origen del método experimental ni tampoco la diversidad de métodos existentes para hacer ciencia, lo cual genera un vacío en la comprensión del por qué y cómo se realiza el quehacer científico (Ioannidou y Erduran, 2021).

Para dar un acercamiento a la historia de la evolución del método científico, se retoma como principal referente la obra de Pérez-Tamayo (1998), *¿existe el método científico?*, obra en la cual se abordan varias escuelas filosóficas y de pensamiento científico. La obra, tiene un enfoque histórico y filosófico que cabe dentro del área de la filosofía de la ciencia (Cassini, 2013), en este ensayo, el componente histórico no es abordado, pues se intenta presentar al lector una síntesis de los elementos relativos al quehacer científico y permitir así al lector(a) tener una visión más focalizada sobre el método o los métodos en la ciencia a lo largo de la historia.

Los antiguos

La evolución histórica del pensamiento científico encuentra en sus inicios a la cultura griega que se desarrolló desde antes del siglo VII ac, hasta el año 323 ac. Aunque existen diversos pensadores para este período, Platón y Aristóteles son considerados los padres de la filosofía occidental (Burgos-Lázaro *et al.*, 2020).

Para el primero, el alma era inmortal y vivió en el mundo de las ideas porque ya conoce todas las ideas de tal manera que las experiencias sirven para recordar las ideas que ya conocía. En este sentido, al adquirir conocimiento lo que hacemos es aumentar la comprensión de las ideas que ya se tienen, porque el intelecto era la mejor para acercarse al conocimiento (Pérez-Tamayo, 1998).

Aristóteles fue discípulo de Platón, aunque difería de su maestro en considerar que era imposible conocer las verdades universales, las ideas y que el conocimiento era producto del aprendizaje de las vivencias adquiridas a través de los sentidos y experiencias propias (Pérez-Tamayo, 1998).

Para él, la ciencia es el conocimiento de lo universal, mismo que es demostrable y válido para todos, y los instrumentos de los que deben valerse todas las ciencias son la lógica y la observación (De Hoyos-Benítez, 2020). Según Pérez-Tamayo (1998), Aristóteles presentó cuatro ideas sobre el método científico: 1) teoría del silogismo; 2) teoría de las definiciones; 3) el método inductivo-deductivo; y 4) teoría de la causalidad.

La tercera contribución, sigue vigente y es utilizada con frecuencia en el mundo científico contemporáneo. La inducción, se refiere a llegar a generalizaciones a partir de individuos, dividiéndose en inducción por enumeración simple y la intuitiva. Para el primer tipo, uno de los ejemplos más comunes es: el cuervo uno es negro, el cuervo dos es negro, el cuervo tres es negro. Todos los cuervos son negros.

Mientras que la segunda requiere de la apreciación directa, de lo que es esencial en un conjunto de datos sensoriales, donde el observador con una experiencia extensa es capaz de percibir la esencia de los objetos o fenómenos. Una vez que las generalizaciones son alcanzadas por medio de la inducción, estas se usan como premisas para la explicación de observaciones iniciales, este proceso lógico es llamado deducción. Es decir, cuando se lleva a cabo la operación mental inversa de la inducción y se va de lo general a lo particular. En esta etapa, la observación pasiva era central para llegar a conclusiones (Dzurec y Dzurec, 1992).

Una de las limitaciones del método aristotélico es que se basa en el uso del lenguaje para la inducción y deducción, por lo que las teorías se convierten en estructuras lingüísticas; es decir, enunciados, mismos que tienen en su base a la lógica, generándose problemas técnicos relativos al uso del lenguaje entre los científicos(as). Al no existir alguna fuerza reguladora o normativa que permita confirmar una deducción lógica, esta última queda a discreción del científico(a) quien puede equivocarse o crear conjeturas irracionales (Griesemer, 1985).

La revolución científica

Las primeras contribuciones fueron de Vesalio (1514-1564), que consistió en dar a la naturaleza la autoridad suprema sobre la verdad, dejando atrás la tradición galénica de conceder la autoridad suprema a los textos, atreviéndose a diseccionar cuerpos humanos y criticar las enseñanzas preexistentes.

Esta actitud de criticar los dogmas abre la puerta a una característica de los(as) científicos(as): cuestionar lo existente. Otro de los principales actores de este período es Galilei (1564-1642), quien usó experimentos para explorar ideas específicas, puso a prueba conclusiones teóricas matemáticas y exploró fenómenos en el área de astronomía y física, para aumentar el número de datos que podía incluir en sus cálculos teóricos. Convirtiéndose en el primer gran científico (Pérez-Tamayo, 1998).

La aportación de Harvey (1578-1657) al método científico fue su éxito en el uso de experimentos para explorar la naturaleza en el área de la biología. Para él, así como para Galileo, sus contribuciones señalan la importancia del análisis matemático de los fenómenos naturales y el uso de experimentos en el estudio de la realidad. En su libro *De motu cordis*, Harvey (1578-1657) se apega al mismo protocolo: inicia describiendo cuidadosamente sus observaciones, posteriormente examina si coinciden con lo relatado por otros(as) autores(as) y finalmente interpreta el sentido de los hechos observados, procurando no ir más allá de los propios hechos (Pérez-Tamayo, 1998).

Newton (1642-1727), insistió en que las generalizaciones del ‘filósofo natural’ -así llamaba al científico (De Hoyos-Benítez, 2020)- deberían basarse en la examinación minuciosa de la realidad, dejando aún más atrás los dogmas. Retomó el pensamiento de Aristóteles del método inductivo-deductivo y se refirió a él como el: ‘método de análisis y síntesis’.

Para él, el análisis de la realidad se debía basar en hacer experimentos y observaciones y en derivar a partir de estos, conclusiones generales por inducción y si no ocurre alguna excepción en los fenómenos, la conclusión podría aceptarse como general, pero si ocurriera alguna excepción, entonces debía enunciarse incluyendo las excepciones conocidas. Mientras que la síntesis consistiría en asumir las causas descubiertas y establecidas como principios y por medio de ellas explicar los fenómenos que provienen de ellas (la deducción) (Pérez-Tamayo, 1998).

El primero en utilizar un microscopio Hooke (1635-1702), quien es conocido por y hacer contribuciones al conocimiento sobre la estructura celular, para la historia del método científico, su mayor contribución vino de su estudio de los terremotos, preguntándose: dónde han ocurrido y dónde no, para con ello aplicar la regla de los ‘rechazos y exclusiones’. Misma que consistió en formular cuatro hipótesis, demostrando que tres de ellas no eran satisfactorias y propuso un método para poner a prueba la cuarta, misma que nunca puso a prueba (Pérez-Tamayo, 1998).

El último científico que se abarcará en esta sección es Leibniz (1646-1716), quien recobra importancia ya que en su concepción sobre los fenómenos incluye a Dios como el creador quien sabe todo y es perfecto. Mientras que los mortales, quizá nunca se podrá a llegar a conocerlo todo y por ende se requiere realizar observaciones e hipótesis. El rol de Dios en la ciencia aparece, en ese momento, como un factor que explica lo inexplicable para Leibniz y se vuelve importante, como se verá, para el pensamiento filosófico sobre el método científico (Pérez-Tamayo, 1998).

Los primeros filósofos de la ciencia

Hasta el siglo XVI, la ciencia y la filosofía fueron una misma cosa. El hombre de ciencia que filosofaba y los filósofos que, aunque conservan algo de científicos, se caracterizaron por pensar. Entre ellos está Bacon (1561-1626), quien fue un crítico de la filosofía de Aristóteles. Propuso un nuevo método, el cual aporta un procedimiento para hacer inducciones graduales y progresivas y un método de exclusión. Por lo que primero debía recopilarse una ‘serie de historias naturales y experimentales’ y hasta que no se tuviera información empírica amplia, no pasar al siguiente paso, que sería el de eliminar algunas posibilidades.

También propuso que las preguntas lícitas para el estudio de los fenómenos eran: ¿qué? ¿cómo? y ¿por qué? Su opinión de que la mejor ciencia es aquella que se lleva a cabo por grupos de investigadores(as); es decir, que se institucionaliza, en contraste con la que permanece privada y es el resultado del trabajo individualizado (Pérez-Tamayo, 1998).

Es por lo anterior, que en la visión de Voit (2019), tanto este pensador: Sir Francis Bacon como el que se expondrá a continuación, se consideran como los fundadores del método científico, debido a que insistieron en observaciones cuidadosas, sistemáticas y de gran calidad, más que en las especulaciones metafísicas que estaban de moda entre los pensadores de esos tiempos. Así pues, lo empírico será desde entonces considerado como ‘científico’ (Villalobos-Antúnez *et al.*, 2020).

Para Descartes (1596-1650), la ciencia la concebía como una pirámide cuya cúspide estaba ocupada por principios o leyes más generales de la realidad y que a través de la deducción se llega hacia la naturaleza real. Por lo que el conocimiento puede alcanzarse *a priori* o en ausencia de la realidad. Proponiendo el principio de: *cogito ergo sum* (pienso, luego existo), a esto añadió la idea de que Dios, el Ser Perfecto, existe y es quien pone las ideas en la mente, haciéndonos seres pensantes, esto se conoce como el pensamiento cartesiano (Pérez-Tamayo, 1998).

Otro filósofo de esa época es Locke (1632-1704), considerado como el fundador del empirismo, un método o procedimiento que está basado en la experiencia y en la observación de los hechos, opuesto a propuestas como la de Descartes o Platón, al afirmar que no existen principios generales intuitivos o *a priori*. Por lo que en esta experiencia, en la que se funda el conocimiento. Fue el primero en formular claramente la pregunta por el modo en que un objeto se constituye en la conciencia (Inverso, 2019).

Berkeley (1685-1753), consideraba que lo único que posee existencia real es el mundo de las sensaciones, mientras que la realidad externa no sólo no puede ser percibida, sino que incluso no existe. En su visión, las cosas que llenan este mundo existen gracias a que son percibidas por Dios y su poder es tan grande que a través de él nosotros también las percibimos.

Con esto, le provee a Dios el poder para ser capaces de percibir el mundo de manera ordenada y racional. Esto hace deducir los fenómenos, más no demostrarlos, porque las deducciones dependen de las reglas que se tomen para explicar la naturaleza de las cosas y cuyo funcionamiento no se puede evidentemente saber debido a que la realidad externa en realidad no puede ser percibida (Pérez-Tamayo, 1998).

Para Hume (1711-1776), la inexistencia de ideas o conceptos *a priori*, en cambio, las divide en dos clases: las impresiones, aquellas que derivan de los sentidos y las ideas, conjuradas por la mente. De tal forma que los elementos que contribuyen a una idea compleja provienen, en última instancia, de impresiones sensoriales o de definiciones ostensivas. Demostrando que el empirismo puro no es suficiente para el desarrollo de la ciencia (Pérez-Tamayo, 1998).

El científico Kant (1724-1804), propone que, si bien nada del conocimiento trasciende a la experiencia, una parte de él es *a priori* y no se infiere inductivamente a partir de la experiencia. Para él, las cosas en sí mismas son incognoscibles y a lo que sí se tiene acceso es a los fenómenos. Kant propuso su doctrina de los esquemas que se requieren para alcanzar la comprensión pura. Lo que dejó fuera fue a Dios y al alma, al primero como un principio regulador y al segundo porque no era posible demostrar su existencia (Pérez-Tamayo, 1998).

Estas ideas que parecen sólo debates filosóficos han tenido un gran impacto en la manera en que hacemos ciencia en la actualidad. Ya que, si tomamos una posición cartesiana, el conocimiento está ahí para ser pensado y descubierto, mientras que el empirista diría, esa realidad no sólo no

existe, sino que no puede ser percibida. Entonces se necesita a los sentidos para crearla y aunado a esto, se necesita delimitar las circunstancias en que esta se aborda y tener ciertas ideas *a priori* para acercarse a ella, más nunca tocarla. Y cuando no se podía explicar algo, siempre era posible meter a Dios en la ecuación.

Los empiristas

Las dos corrientes más importantes de la filosofía de la ciencia del siglo XIX fueron el empirismo y el positivismo. El primero es una corriente filosófica que enfatiza la experiencia y la evidencia para adquirir conocimiento, por encima de la percepción sensorial, buscando encontrar una estructura unitaria como fundamento de toda actividad científica.

Uno de sus principales exponentes es: Herschel (1792-1871), cuya contribución fue establecer que, para cada nuevo hecho científico, para cada hipótesis confirmada por datos experimentales, para cada teoría que predice con éxito la realidad, hay dos aspectos distintos: el descubrimiento y su verificación. En su opinión, las leyes también pueden formularse generando hipótesis y poniéndolas a prueba, en vez de proceder por rigurosa inducción. Este es uno de los primeros pasos hacia una ciencia basada en las hipótesis (Pérez-Tamayo, 1998).

Investigaciones como las de Stuart-Mill (1806-1873), establecía que el objetivo de todas las ciencias, naturales y sociales es el descubrimiento de leyes generales que puedan ser utilizadas para la explicación y la predicción y que los(as) observadores pueden aislarse de los experimentos, de tal forma que puedan obtenerse descripciones objetivas y desapasionadas (Dzurec y Dzurec, 1992).

Con ello, se saca a la deducción del proceso científico, ya que en realidad considera que este proceso, de ir de lo particular a lo general, no es más que un resumen de muchas observaciones individuales. Por lo que la inducción se vuelve el principio fundamental de la uniformidad de la naturaleza, estableciendo que lo ocurrido una vez volverá a ocurrir cuando las circunstancias sean suficientemente semejantes (Pérez-Tamayo, 1998).

Los positivistas

El positivismo es una corriente filosófica que establece que el único conocimiento auténtico es aquel derivado de los hechos observables y a las leyes de la naturaleza, excluyendo a conceptos como el alma, valor, Dios, el átomo o fuerza gravitacional, entre otros. Para estos pensadores, la ciencia es la verdadera fuente de la ética, la política y hasta la religión. Finalmente, en su visión, razonar no es una operación atribuible a Dios, ya que requiere un discurso, temporalidad y elección de premisas (Arana, 2014).

Dentro de sus representantes se encuentra a Comte (1788-1857), quien es el primero en demostrar la necesidad y la propiedad de una ciencia de la sociedad y el primero en darle una categoría a la ciencia que antes poseía la filosofía. Para este pensador, los métodos para acercarse al conocimiento son: 1) la observación, donde la tarea del científico es establecer leyes definitivas que describan las relaciones invariables de los hechos, a partir de su verificación por medio de la observación; 2) la experimentación, que solo es posible cuando el curso natural de un fenómeno puede ser alterado de manera definitiva y controlada y en caso de no poder hacerse, sólo puede superarse por medio de la observación y 3) la comparación o analogía, este es el mejor método para áreas como la biología o la sociología (Pérez-Tamayo, 1998).

Autores como Mach (1838-1916), sostuvo que todas las leyes y principios de la ciencia se deben basar exclusivamente en la experiencia, que para él significa un conjunto de sensaciones. En su visión, los conceptos cartesianos *a priori* no existen, los imperativos kantianos son entidades ficticias, lo único que debe creerse es lo que puede experimentarse a través de los sentidos.

Las tres formas diferentes de razonamiento o ‘inferencia’, fueron estudiadas por Peirce (1839-1914), usadas habitualmente en la ciencia: la deducción, la inducción (ampliativa o sintética) y las hipótesis (explicativa, inferencia, retroducción o presunción como las llamaba) (Hoover y Wible, 2020).

Su método científico se basó en tres pasos sucesivos: abducción o retroducción de una hipótesis, deducción de sus consecuencias y pruebas realizadas. En esta visión, las hipótesis debían ponerse a prueba experimentalmente y debía hacerse con la mayor economía, no sólo de ideas sino también de trabajo, de tiempo y de recursos materiales, poniendo un especial énfasis en las consecuencias prácticas de todo el proceso. En caso de que dos hipótesis resultaron igualmente predictivas en la práctica, las dos deberían considerarse igualmente ciertas (Pérez-Tamayo, 1998).

En la visión de Poincaré (1854-1912), el método científico se basa en la existencia de un orden general en el universo que es independiente del hombre y de su conocimiento. La meta del científico(a) es descubrir y entender todo lo que pueda del orden universal postulado, aceptando que la certeza de su universalidad es inalcanzable, el progreso de la ciencia no es otra cosa que la extensión progresiva de los límites del conocimiento del orden universal (Pérez-Tamayo, 1998).

Una de las debilidades de los positivistas es que, bajo su visión, la ciencia crece al incorporar conocimiento nuevo a uno previo. Sin embargo, cuando se reconoce que cierto conocimiento visto como verdadero es falso el nuevo conocimiento también pierde vigencia (Griesemer, 1985).

El positivismo lógico

Uno de los filósofos más importantes del siglo pasado Wittgenstein (1889-1951), cuya contribución al método científico reside en establecer que la observación es un proceso activo, matizado por las experiencias teóricas, las suposiciones culturales, los atributos del lenguaje y otros factores más, tanto sociales como individuales, por lo que la observación es un proceso conceptual que influye o determina la percepción (Pérez-Tamayo, 1998).

Carnap (1891-1970), miembro del grupo de filósofos y científicos conocido como el del Círculo de Viena (1907-1931), estableció que el principio de verificabilidad de una proposición está dado por las condiciones de su verificación y que tal proposición sólo es cierta cuando es verificable en principio (Pérez-Tamayo, 1998).

Reichenbach (1891-1953), incorpora el tema de la probabilidad en la ciencia. En su visión, la esencia misma del conocimiento es su incertidumbre, en vista de que las predicciones físicas nunca son (ni pueden ser) exactas, ya que es imposible incorporar todos los factores relevantes en los cálculos. Por lo que, no se trata de una limitación de las capacidades intelectuales de los(as) científicos(as), sino más bien de la manera como el universo se relaciona con nuestras observaciones. Para él, una proposición tiene significado sólo si es posible determinarle un grado definido de probabilidad (Pérez-Tamayo, 1998).

El falsacionismo

Uno de los filósofos más influyentes del siglo 20, Popper (1902-1997), al que refiere Sousa (2016), distingue a la ciencia verdadera de las pseudociencias, en que la primera está constituida por teorías susceptibles de ser demostradas falsas poniendo a prueba sus predicciones, mientras que las segundas no son refutables. Puso en el centro, no los mecanismos para generar teorías, sino más bien los métodos para ponerlas a prueba, sugiriendo que tales pruebas deberían estar dirigidas a mostrar los aspectos falsos o equivocados de las teorías y no a verificarlas o confirmarlas (Pérez-Tamayo, 1998).

En su opinión, la formulación de una aseveración general o teoría derivada de un número limitado de observaciones era inválido lógicamente (Hill, 1985), convirtiéndose en conjeturas o invenciones creadas por los investigadores para explicar algún problema y que a continuación debían ponerse a prueba por medio de confrontaciones con la realidad diseñadas para su posible refutación (Pérez-Tamayo, 1998).

Para Popper, las hipótesis o los modelos como expresiones matemáticas deben ser ‘falseables’, que debe existir una o más circunstancias lógicamente incompatibles con ellas (Smiatek *et al.*, 2021), de no ser así probarlas también sería discutible (Voit, 2019). Y este es el origen de la versión popperiana del método científico hipotético-deductivo, también conocido como el método de ensayo y error o el de conjeturas y refutaciones (Pérez-Tamayo, 1998) o lo que los filósofos llaman positivismo lógico (Dzurec y Dzurec, 1992).

Pese al impacto que ha tenido este método de plantear hipótesis que puedan falsearse, está claro que muchas teorías no siguen este método debido a que son fenómenos que no pueden falsearse, como es la teoría de la evolución de Darwin, lo que no las hace menos útiles para explicar el mundo y que es una clara debilidad de este método (Vigue, 1980).

Los programas de investigación

Lakatos (1922-1974), quien propone los programas de investigación (Orensanz y Denegri, 2017), sostiene que la ciencia se parece a un pleito entre tres contendientes, dos teorías y un experimento y el que el resultado interesante es con mayor frecuencia la confirmación de una de las teorías y no su falsificación. Su programa tiene tres componentes: 1) un núcleo central, que reúne los supuestos básicos y esenciales del programa o sea todo aquello que es fundamental para su existencia; 2) el núcleo central está protegido por un cinturón protector llamado heurístico negativo, un principio metodológico que estipula que los componentes del núcleo central no deben abandonarse a pesar de las anomalías y 3) la capa externa del programa científico de investigación conocido como heurístico positivo, representado por directivas generales para explicar fenómenos ya conocidos o para predecir nuevos fenómenos (Pérez-Tamayo, 1998).

El relativismo histórico

Según el esquema de Kuhn (1922-1996), los ciclos a los que están sometidas las ciencias a través de la historia se inician por una etapa más o menos prolongada de ‘presciencia’, durante el cual se colectan observaciones casi al azar, sin plan definido y sin referencia a un esquema general, en este período puede haber varias escuelas de pensamiento compitiendo, pero sin que alguna de ellas prevalezca sobre las demás.

Sin embargo, poco a poco un sistema teórico adquiere aceptación general, con lo que surge el primer paradigma de la disciplina, conformado por una teoría y un método, que juntos constituyen una forma especial de ver el mundo, este periodo sería el de ‘ciencia normal’. Este periodo se caracteriza porque la investigación se desarrolla de acuerdo con los dictados del paradigma prevalente; es decir, que se siguen los modelos que han demostrado tener éxito dentro de las teorías aceptadas (Pérez-Tamayo, 1998: 232-240).

Una de las características de Kuhn (1922-1996), es que explica los patrones de crecimiento y cambio en la ciencia con modelos sociohistóricos de trabajo científico, diferenciándose de los herederos del empirismo lógico quienes analizan la estructura de las teorías en términos formales promoviendo un análisis ahistórico y asocial (Griesemer, 1985).

Aunado a esto, no resulta fácil atreverse a repensar las ‘verdades’ previamente aceptadas y desarrollar ideas radicalmente nuevas, pese a ser necesario ya que contrario al método científico tradicional (el hipotético-deductivo) que requiere que se sigan reglas rigurosas, los avances científicos más de avanza han requerido de un pensamiento crítico e innovador (Voit, 2019).

El anarquismo epistemológico

Esta corriente de pensamiento está representada por Feyerabend (1924-1994) quien se declara anarquista, pues en su opinión, no hay nada que pueda identificarse como un método científico. Desde esta óptica, Feyerabend considera que ‘todo se vale’, particularmente en términos metodológicos para llegar al conocimiento, de igual manera, en su visión, los cambios en las teorías y los paradigmas no son más que un cambio en el interés y en la publicidad (Pérez-Tamayo, 1998).

Una dimensión más contemporánea de la ciencia

Uno de los grandes cambios en la ciencia es la posibilidad de obtener grandes cantidades de datos, esto, contrario al método tradicional donde se tiene una hipótesis que se prueba sobre algunas condiciones alteradas, por ejemplo: en laboratorios. Bajo esta nueva realidad, la tendencia es la minería de datos, donde los datos son los que revelan las cosas, quitándole al científico(a) ideas preconcebidas que pueden desviar la interpretación de lo que se observa.

Estas investigaciones que son orientadas por los datos (data-driven), tienen como reto eliminar el ruido que puede haber en los datos, por lo que se requiere de software especializado que ‘limpie’ los datos a través de técnicas de machine learning. Esta manera de hacer ciencia ha sido criticada, pues se dejan en manos de las computadoras muchas decisiones (Succi y Coveney, 2019).

Además de que el principio básico que se sigue es el de la inducción, mismo que no puede revelar leyes generales, no importando el tamaño de las bases de datos, pero los datos si pueden permitir ver patrones, tendencias y principios.

Por lo que, rechazar esta manera de hacer ciencia sería errónea, pues tiene aportaciones al conocimiento, lo que se debería de hacer es estandarizar procesos y tener controles que hagan que el método que se siga sea válido y reproducible (Voit, 2019).

Finalmente, lo que sí es aceptable después de revisar varias contribuciones históricas sobre la manera de hacer ciencia es que existen diversos métodos y que todos tienen en común dos aspectos: el razonamiento y la evidencia empírica. La cual es obtenida de maneras distintas según el área del conocimiento.

La reproducibilidad del método, el impacto y novedad de los hallazgos y actualmente las publicaciones científicas y sus requerimientos, son retos más contemporáneos para los(as) científicos(as) de estos tiempos (França y Monserrat, 2019).

Conclusiones

El método científico, refiere Ruy Pérez Tamayo, es la suma de los principios teóricos, de las reglas de conducta y de las operaciones mentales y manuales que usaron en el pasado y hoy siguen usando los hombres de ciencia para generar nuevos conocimientos científicos, y que el autor clasifica en cuatro categorías: 1) método inductivo-deductivo, 2) método a priori-deductivo, 3) método hipotético-deductivo; y 4) no hay tal método.

La elección del método dependerá de la pregunta de investigación, el tipo de estudio y la madurez de cada área del conocimiento. Conocer esto, permite valorizar el trabajo de los(as) investigadores(as) que no siguen el método experimental o el hipotético-deductivo; por el contrario, enfrenta a otras posibilidades enriqueciendo nuestra visión del mundo y beneficiándonos de sus hallazgos. Permite, ser científicas y científicos que siguen su intuición y que cuestionan sus observaciones, que exploran para generar información novedosa y relevante y consideran los posibles errores, que entienden que tal vez sus hallazgos generen más preguntas que aciertos y que incluso, en algunos casos esas ideas se desechen, por lo tanto, se requiere no un método sino una serie de herramientas y diversos métodos.

Literatura citada

- Aguilera, B. y Pino, B. R. 2019. Sobre el aporte de la filosofía a las teorías de conceptos en ciencia cognitiva. *Rev. Filosofía*. 76:7-27.
- Arana, J. 2014. El papel de la filosofía con respecto a las relaciones entre fe y ciencia. *Scientia et Fides*. 2(1):159-178.
- Ariza, Y.; Lorenzano, P. y Adúriz, B. A. 2020. Bases modeloteóricas para la ciencia escolar: La noción de “comparabilidad empírica”. *Estudios Pedagógicos*. 46(2):447-469.
- Bernabé, F. N. 2019. Androcentrismo, ciencia y filosofía de la ciencia. *Rev. Humanid. Valpar.*(14):287-313.
- Burgos, L. R.; Burgos, F. N.; Gilsanz, R. F.; Téllez, P. G. y Rodríguez, M. J. A. 2020. Aristóteles: creador de la filosofía de la ciencia y del método científico (parte I). *Anales de la Real Academia de Doctores de España*. 5(2):279-295.
- Cassini, A. 2013. Sobre la historia de la filosofía de la ciencia. A propósito de un libro de C. Ulises Moulines. *Crítica. Rev. Hispanoam. Filosof.* 45(134):69-97.
- Cleland, C. E. 2001. Historical science, experimental science, and the scientific method. *Geology*. 29(11):987-990.
- De Hoyos, B. S. M. 2020. El método científico y la filosofía como herramientas para generar conocimiento. *Rev. Filosof. UIS*. 19(1):229-245.

- Dzurec, D. J. and Dzurec, L. C. 1992. Philosophical paradigms framing food science research. *Trends in Food Science & Technology*. 3:78-80.
- Errecaborde, K. M.; Rist, C.; Travis, D. A.; Ragan, V.; Potter, T.; Pekol, A.; Pelican, K. and Dutcher, T. 2019. Evaluating one health: the role of team science in multisectoral collaboration. *Revue Scientifique et Technique*. 38(1):279-289.
- Feinstein, A. R. y Horwitz, R. I. 1982. Double standards, scientific methods, and epidemiologic research. *New England Journal of Medicine*. 307(26):1611-1617.
- França, T. F. A. and Monserrat, J. M. 2019. Reproducibility crisis, the scientific method, and the quality of published studies: untangling the knot. *Learned Publishing*. 32(4):406-408.
- Griesemer, J. 1985. Philosophy of science and “The” scientific method. *American Biology Teacher*. 47(4): 211-215.
- Hill, L. 1985. Biology, philosophy, and scientific method. *Journal of Biological Education*. 19(3):227-231.
- Hodson, D. 1996. Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*. 28(2):115-135.
- Hoover, K. D. y Wible, J. R. 2020. Ricardian inference: Charles S. Peirce, economics, and scientific method. *Transactions of the Charles Peirce Society*. 56(4):521-557.
- Inverso, H. 2019. Phenomenological problem and Husserlian construction of adversaries in “philosophy as rigorous science”. *Ideas y Valores*. 68(171):251-277.
- Ioannidou, O. y Erduran, S. 2021. Beyond hypothesis testing: investigating the diversity of scientific methods in science teachers’ understanding. *Science and Education*. 30:345-364.
- Maat, H. 2011. The history and future of agricultural experiments. *NJAS Wageningen Journal of Life Sciences*. 57(3):187-195.
- Orensanz, M. y Denegri, G. 2017. La helmintología según la filosofía de la ciencia de Imre Lakatos. *Salud Colectiva*. 13(1):139-148.
- Pérez, T. R. 1998. ¿Existe el método científico? historia y realidad. Editorial. El Colegio Nacional y Fondo de Cultura Económica. Ciudad de México, México. 301 p.
- Smiatek, J.; Jung, A. and Bluhmki, E. 2021. Validation is not verification: precise terminology and scientific methods in bioprocess modeling. *Trends in Biotechnology*. 39(11):1117-1119.
- Sousa, C. 2016. The scientific methods of biology, starting with Charles Darwin. *American Biology Teacher*. 78(2):109-117.
- Succi, S. and Coveney, P. V. 2019. Big data: the end of the scientific method? *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 377(2142):1-15.
- Teixeira, E. S.; Freire, O. J. y Greca, I. M. 2015. La enseñanza de la gravitación universal de Newton orientada por la historia y la filosofía de la ciencia: una propuesta didáctica con un enfoque en la argumentación. *Enseñanza de las Ciencias*. 33(1):205-223.
- Vigue, L. C. 1980. Towards a more realistic view of science and the scientific method. *The American Biology Teacher*. 42(4):235-237.
- Villalobos, A. J. V.; Guerrero, J. F.; Ramírez, M. R. I.; Díaz, C. L.; Ramos, M. Y.; Enamorado, E. J. y Ruiz, G. G. I. 2020. Karl Popper y Heráclito: antecedentes y problemas actuales de la filosofía de la ciencia. *Opción*. 36(92):984-1018.
- Voit, E. O. 2019. Perspective: dimensions of the scientific method. *PLoS Computational Biology*. 15(9):1-14.
- Wivagg, D. and Allchin, D. 2002. The dogma of “The” scientific method. *American Biology Teacher*. 64(9):645-646.
- Yin, R. K. 2017. *Case study research and applications: design and methods*. 6^{ta} Ed. Sage Publications, Thousand Oaks, CA, USA. 352 p.