



Horizonte de la Ciencia

ISSN: 2304-4330

ISSN: 2413-936X

horizontedelaciencia@gmail.com

Universidad Nacional del Centro del Perú

Perú

de la Lama Zubirán, Paula; de la Lama Zubirán, Marco A.; de la Lama García, Alfredo E.

El proyecto de investigación y su relación con el descubrimiento científico

Horizonte de la Ciencia, vol. 12, núm. 23, 2022, Julio-Diciembre, pp. 59-73

Universidad Nacional del Centro del Perú

Huancayo, Perú

DOI: <https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2022.23.1464>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=570971314005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

El proyecto de investigación y su relación con el descubrimiento científico

Ashina lulayninkaa allin ya'chay talininkunawan watanaku'ña kaynin

Ora proyecto de investigación aisati ora relación ayotantyari científico

Recepción: 24 junio 2021

Corregido: 10 noviembre 2021

Aprobación: 03 enero 2022

Paula de la Lama Zubirán

Institut Químic de Sarrià.

p.lamazub@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0001-5735-9581>

Marco A. de la Lama Zubirán

Universidad Autónoma Metropolitana

marcoalfredo_delalama@yahoo.com.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5154-652X>

Alfredo E. de la Lama García

Universidad Autónoma Metropolitana

adelalama@izt.uam.mx

<http://orcid.org/0000-0002-1254-7930>

Resumen

Este artículo explica el por qué los científicos deberían poseer un auténtico compromiso existencial con el problema a investigar para ahondar en sus secretos y resolverlos; también que la formulación de un proyecto investigación, eventualmente, permite generar un descubrimiento científico; que el proyecto para continuar deberá ser aprobado por un director de tesis para que sea aceptado en un posgrado, o a un colegiado si se requiere utilizar los recursos de la institución; y finalmente, permitirá apreciar cómo se vinculan entre sí las etapas de dicho proyecto y la importancia de resolver cada una satisfactoriamente.

Palabras clave: investigación científica; descubrimiento científico; proyecto de investigación; diseño de investigación; método científico.

Lisichiku limaykuna: alli así ya'chay, alliyacha talina, aship lualanin, mashtay, alli ya'chay lulay.

Datos de los autores

Paula de la Lama Zubirán. IQS Institut Químic de Sarrià. Carrera profesional en Investigación de Operaciones y Estadística/Docente en grado (Administració i Direcció d'Em- preses) – Barcelona, Cataluña, España.

Marco A. de la Lama Zubirán. Universidad Autónoma Metropolitana. Carrera profesional de ingeniería mecánica/Programa de modelación para administradores Departamento de economía. CDMX, México.

Alfredo E. de la Lama García, Universidad Autónoma Metropolitana. Carrera profesional de Economía y Sociología. Programa del Estado y Sociedad. Departamento de Filosofía. CDMX, México.

The Research Project and its Relationship with Scientific Discovery

Abstract

This article explains why scientists should have a true existential commitment to the problem to be investigated in order to delve into its secrets and solve them. That the written formulation of a research project, eventually, allows generating a scientific discovery. That the project to continue must be submitted to the appreciation of a thesis advisor if he wishes to be accepted into a postgraduate degree, or to a collegiate if he wishes to use the institution's resources; and it will finally allow to appreciate how the stages of said project are linked to each other and the importance of solving each one satisfactorily.

Keywords: scientific research; scientific discovery; investigation project; Research design; scientific method.

O projeto de pesquisa e sua relação com a descoberta científica

Resumo

Este artigo explica por que os cientistas devem ter um autêntico compromisso existencial com o problema a ser investigado, a fim de poder mergulhar em seus segredos e resolvê-los; também que a formulação de um projeto de pesquisa, eventualmente, possibilita a geração de uma descoberta científica; que o projeto para continuar deve ser aprovado por um orientador de tese, se pretende ser admitido em um curso de pós-graduação, ou em um colegiado, se pretende utilizar recursos da instituição; e finalmente permitirá avaliar como as etapas do referido projeto estão interligadas e a importância de cada uma ser resolvida de forma satisfatória.

Palavras-chave: pesquisa científica, descoberta científica, projeto de investigação, desenho de pesquisa, método científico.

Introducción

La mayor parte de los manuales para elaborar investigaciones sugieren un algoritmo sencillo para realizar una tesis y/o una investigación, algo parecido a: plantee un problema, escriba los objetivos, después las preguntas de investigación, elabore las hipótesis, realice el análisis y saque las conclusiones. Una recomendación así resulta precipitada y muchas veces irrealizable, porque ignora que para hacer una investigación se requiere la autorización del director de tesis desde la licenciatura hasta el doctorado, o si se es investigador de alguna institución la aprobación del instituto, el laboratorio, la facultad, o un patrocinador privado. Sólo una vez conseguida dicha autorización se pasará a la ejecución del proyecto de investigación (Nickles, 2020; Hayati, *et al*, 2018). De ahí la importancia de presentar un proyecto inicial claro, sólido, viable y atractivo, donde se aprecien sus potencialidades.

El papel del descubrimiento en el proyecto de investigación

Una investigación no puede considerarse en desarrollo si no ha planteado hacer un descubrimiento científico. El descubrimiento es la primera etapa de la investigación científica y por ello, el descubrir es el arranque de toda investigación significativa y puede definirse como el arte de la correcta generalización de la realidad o la esencia de la explicación o la solución de un problema científico (Rottoli, *et al*, 2017; Reinchenbach, 1975).

Si se está de acuerdo en que descubrir no es producto de la casualidad, uno se debiera preguntar cuáles son las condiciones psicosociales que conduce a dicho estado mental. En la actualidad se experimenta la tarea de facilitar los procesos de descubrimiento con base a nuevos *software*, p. e. la llamada minería de datos (Karpadne, *et al*, 2017). Estos sistemas acumulan millones de datos de una nación, de una institución, rama industrial o de servicios. El científico los ordena de acuerdo a las hipótesis que desea someter a prueba, el ordenador busca los patrones y establece la probabilidad de las variables independientes. Si se dejan de lado estos nuevos métodos, posiblemente la ruta más común en el proceso de lograr un descubrimiento consiste en que el científico asocie una serie de eventos o hechos, no importa si son raros o muy conocidos, con una o varias explicaciones, es decir, con teorías, leyes o generalizaciones (escuela inglesa) o viceversa (escuela alemana) (Kapitsa, 1985); si en el curso de esta búsqueda aparecen anomalías, rarezas, incongruencias o contradicciones y derivado de ello, la posibilidad de elaborar una generalización más amplia a las ya existentes (que abarquen nuevos hechos o que pueda pronosticar con mayor precisión eventos futuros [Lakatos, 1983]), entonces, cualesquiera de estas incongruencias se convertirían en *estados potencialmente problemáticos* que podrían ser investigados. Los problemas científicos, en consecuencia, pueden definirse como interrogantes no resueltas o zanjadas de manera insatisfactoria a juicio del científico (Schrödinger, 1997).

La búsqueda del problema

El planteamiento del problema de investigación puede tener su origen en ambientes alejados de la ciencia o dentro de ella misma. Uno de los ejemplos clásicos de un descubrimiento a partir de hechos fuera del ambiente científico es útil para ejemplificar lo señalado. El rey Hierón II de Siracusa, que era empleador de Arquímedes (287-212 a. C.), le planteo a éste el siguiente desafío: Cómo determinar si la corona que había solicitado a un artesano, bueno en su oficio pero de fama dudosa, estaba elaborada en base a oro y no de alguna otra aleación sin destruirla, ya que, dado el estado de la ciencia, en ese entonces, la única manera de determinar si la corona era fraudulenta o no, era derritiendola. El reto de Arquímedes consistía en encontrar una solución alternativa, que no destruyera el trabajo artesanal (Melo, *et al*, 2018; Perkins, 2003; Bernal, 1972).

Esta manera de buscar soluciones a problemas prácticos o teóricos inspiró a un número creciente de investigadores a partir del siglo XVII (d. C. [Cohen, 1983, p. 22]) y se convirtió en el punto de partida de casi cualquier futura investigación, debido a que se descubrió que resultaba la

plataforma idónea para inducir el proceso de descubrimiento, sea de manera inopinada o de una forma pautada (Brezinski, 1993; Kedrov, 1982).

En la actualidad es tan común este inicio (plantear un problema) para casi cualquier investigador que usualmente se omiten las razones de este proceder. Y es que si no existe un problema o incógnita suficientemente compleja y provocativa a resolver, es posible afirmar que no hay causa o motivo para efectuar un trabajo de investigación. Bachelard (1974, p. 16) lo percibe con toda claridad: “Ante todo es necesario saber plantear problemas. Y dígase lo que se quiera, en la vida científica los problemas no se plantean por sí mismos”.

La auténtica vocación es el secreto para indagar con éxito

Aunque la recomendación de buscar anomalías en los procesos naturales o sociales frente a las explicaciones existentes resulta pertinente para iniciar una investigación, surge una duda básica. ¿Por qué resulta tan difícil identificar una problemática científica, aún para gente entrenada en estos procesos? La respuesta a esta cuestión se encuentra relacionada con el interés *auténtico* de una persona para involucrarse en un tipo particular de conocimientos y su capacidad para problematizarlos (Kedrov, 1982).

Se habla de la existencia, en el investigador, de un compromiso psicológico intransferible por ciertos desafíos científicos o tecnológicos, en otras palabras, de una vocación y una disposición crítica para problematizar dichos retos. Nadie podrá incentivar a otra persona para que haga algo creativo en la investigación si ésta no está convencida de que el problema es algo que realmente vale la pena solucionar. Y nadie será capaz de problematizarlos si carece de la *actitud crítica*,¹ pertinente. Estos son los secretos que permiten acicatear creativa y poderosamente a la mente en esta precisa dirección. ¿De qué otra manera se esperaría encontrar los resortes que motivan a la imaginación para involucrarse en una problemática científica?

White (1999) interpretó este compromiso personal e intransferible al decir: “Estoy tratando de dar profundidad psicológica a la historia, al verbalizar movimientos y actitudes del pasado que sus contemporáneos no pudieron o no consideraron necesario poner en palabras” (p. 71). De Kruif (1988) sintetizó este apremio psicológico al describir la conducta de Pasteur: “Comió, durmió, soñó y amó, siempre abstraído, con los fermentos a su lado: eran toda su vida” (p. 62). Holton (1988), estudioso de la conducta de los físicos destaca: “Como era de esperar, la curiosidad por un campo especial, con exclusión de todo lo demás, resultó la característica principal, evidentemente trascendiendo hasta la intensa devoción por el trabajo” (p. 273). Significa que la elección de una problemática científica tiene que sentirse como la realización de su propio destino como ser humano. El compromiso con la materia investigada, al parecer, es el secreto para que la imaginación, la inteligencia y la disciplina académica alcancen su máxima potencialidad.

Una vez que la duda y la actitud crítica han identificado un problema científico, uno puede preguntarse ¿Si existen tantos buenos científicos a mi alrededor, como es que no vieron el problema antes? Como le aconteció a Rudé (1999, p. 208) quién comentaba, sobre un tema muy trabajado:

Al leer para obtener mi grado, me había dejado estupefacto el hecho de que ningún historiador del período (...) Había planteado seriamente preguntas como: ¿Quiénes tomaron en realidad la Bastilla, atacaron las Tullerías, expulsaron a los dirigentes girondinos de la convención nacional o presenciaron en silencio como Robespierre era conducido al patíbulo? No sólo quiénes eran, sino ¿cómo llegaron allí? ¿Cuáles fueron sus motivos y aspiraciones sociales, y por qué medios los adquirieron?

El científico que identifica un problema, por extraño que parezca, es aquel que se detiene donde

1 La actitud crítica es una disposición para tratar de ser objetivo, racional, sistemático y que los resultados puedan ser replicados o verificados.

los demás pasan de largo. Ello se debe a que percibe de una forma diferente o asocia un hecho con alguna idea totalmente ajena a ella, en apariencia. Posteriormente y en una revisión cuidadosa del área de conocimiento en cuestión, el científico toma consciencia de que dicho problema no ha sido abordado de la manera como él lo plantea. De esta forma, se abre la posibilidad de plantear un problema y quizá descubrir una nueva explicación.

Recomendaciones prácticas para elaborar un “planteamiento del problema”

No hay problema de investigación que el científico no conozca un poco sobre él. El arranque de la investigación se facilita si esta incipiente información se organiza a través de alguna *técnica de investigación documental* (-ISO- [Modelo de la Organización Internacional para la Estandarización], -APA- [Asociación Americana de Psicología], -ML- [Modelo de Editorial Latino]) entre otras (Bradley, *et al*, 2020). Dicha organización nace de forma espontánea si desde que se es estudiante se trabaja en la formación de un archivo académico con base en lecturas, estudios, resúmenes y prácticas de las diferentes asignaturas que toma. De manera casi espontánea, esta persona crea, casi sin darse cuenta, el estado de sus preferencias en la disciplina académica que escogió (Mills, 2000).

Todo aquello que hable o se refiera directa o indirectamente a la temática que interesa debería ser consignadas, sean compiladas por escrito o electrónicamente. También debiera recogerse, por escrito, las sugerencias críticas u observaciones referentes al tema hechas en simposios, conferencias y foros académicos sin importar si está o no de acuerdo. No se debería menospreciar la importancia de realizar un esfuerzo adicional por acercarse a la problemática de manera informal a través de entrevistas, charlas, y observaciones ocasionales con maestros y colegas sensibles e inteligentes; y también leer temáticas alejadas del tema tratado, porque de ahí pueden surgir las ideas originales, producto de asociaciones inesperadas, con ello ampliará su conocimiento, incitará su curiosidad, abrirá quizá nuevas perspectivas y por ende facilitará formular el problema de la mejor manera posible. Como le sucedió a White (1999) quién reconoció: “Por pura suerte descubrí la asombrosa monografía sobre la historia del uso del caballo” (p. 73). La información recogida debería ser ordenada en un archivo; el orden se lo dará el propio investigador según lo exija el estudio y cambiará de acuerdo al desarrollo del mismo.

Si se está en un laboratorio o trabajo de campo la toma de notas y la bitácora es igualmente importante, ya se trate de registrar efectos esperados, pero también elementos que quizá impugnen la explicación aceptada o sólo se trate de reflexiones especulativas. Wiener (Brezinski, 1993), experto en cibernética, va más allá al considerar que las ideas creativas pueden aparecer inesperadamente y es preciso atenderlas en ese momento.

Escribir es el secreto para empezar formalmente una investigación

Otra recomendación válida es desarrollar *por escrito* la -introducción- aunque no se tenga todavía una idea clara de cuál es el problema a abordar. Para facilitar la puesta en marcha del proyecto se escribirían las ideas, dudas, impulsos, hechos y pormenores que invitan al investigador a involucrarse en la problemática. La idea es realizar un ejercicio de introspección para clarificar las ideas que se tiene del tema y asegurarse de que dicha área de conocimiento realmente tiene un interés prioritario para el autor. Más adelante, estas reflexiones se pueden matizar o desaparecer.

En verdad se subraya, que si dicha problemática no motiva lo suficiente al estudioso aunque sea recomendada por los tutores, lo prudente es abandonarlo. Se requiere mucho esfuerzo, disciplina y tiempo para elaborar una investigación para que no valga la pena para quién lo realiza. Tal como el físico Rabí (Bernstein, 1982) afirma: “Mi opinión es que uno debe asumir las cosas personalmente (...) Todo es demasiado difícil y la vida es muy corta para malgastar el tiempo haciendo algo por la sencilla razón de que alguien ha dicho que es importante” (p. 128). Si el problema motiva lo suficiente, entonces, en la medida en que se aclara, este inciso sufrirá

las correcciones y modificaciones pertinentes o en un caso extremo se abandonará. En verdad se insiste en tener un auténtico interés por el problema a enfrentar.

Después del ejercicio de introspección comienza, propiamente, el planteamiento del problema, para ello es indispensable que se presenten los antecedentes directos e indirectos que convergen en la problemática a tratar, con la finalidad de poner en evidencia los elementos que le dan cuerpo, coherencia y estructura. A veces estas reflexiones incluyen proposiciones teóricas hechas por otros autores que también reflexionaron sobre la cuestión; la intención es mostrar que el problema le resulta conocido al investigador. Como la investigación media entre lo conocido y lo desconocido cabe advertir que no resulta recomendable abordar temáticas totalmente ignoradas por el estudioso, porque se corre el riesgo de descubrir lo que todo el mundo ya sabe.

En el caso de las ciencias sociales y la historia natural otro elemento para consignar dentro del “Planteamiento del problema” consiste en delimitar en el espacio y el tiempo los hechos que el estudio abarcaría; de esta forma se delinean los alcances, pero también los límites del estudio. Pocas cosas resultan tan sospechosas a la actitud crítica del lector como dejar abierta o indefinida esta condición.

El hecho de detallar por escrito las consideraciones anteriores de manera resumida (a lo sumo dos cuartillas, si se trata de un artículo) permite al investigador conocer con amplitud el problema, ubicarlo adecuadamente e informarse de la bibliografía que existe al respecto. A veces esta revisión implica todo un proceso previo de indagación que en nada desmerece al análisis posterior (Kent, 1999).

La revisión exhaustiva y crítica de los materiales relativos a la cuestión que se desea investigar y de poner de relieve, de forma clara y precisa -por escrito- los principales elementos que permiten problematizarlo, no bastan para dar por concluido “El planteamiento del problema”. Lo que el investigador debería tener presente es que este apartado sólo concluye cuando logra formular una síntesis del problema que desea investigar.

Los objetivos como la finalidad del planteamiento del problema.

Desde la perspectiva de la investigación misma, el planteamiento por escrito del problema además de: a) aclarar las inquietudes personales del científico, b) mostrar el conocimiento que se tiene del tema y c) señalar la problemática que envuelve a los fenómenos sujetos a observación, debe, por fuerza, concluir con una síntesis del problema tratado, que se expresa en la formulación de un objetivo, como Bernal (1972, p. 47) señala: “El tener un objetivo es casi un requisito esencial para el descubrimiento de nuevas cosas”.

Si el planteamiento del problema no es capaz de arribar a un objetivo claro, sintético y racional, que separe los factores pertinentes de los que no lo son (Reinchenbach, 1975, p. 15), es posible afirmar que dicho planteamiento está incompleto o resulta insuficiente, y requiere más desarrollo y reflexión, lo que refuerza la idea de que enunciar el objetivo puede considerarse como la finalidad del planteamiento del problema.

Un objetivo que omita algún elemento fundamental de la problemática o simplemente no sea el enfoque adecuado desencaminaría los pasos posteriores de la investigación y puede ser el principio de muchos sinsabores, y quizá el fracaso de los esfuerzos por llevar a cabo esa investigación.

Sugerencias para plantear el objetivo

Si el principal propósito del apartado: “El planteamiento del problema” resulta de enunciar adecuadamente el objetivo de la investigación, entonces, las características particulares del contenido del objetivo resulta de suma importancia, ya que justifica la finalidad de esta etapa y consolida la base de los futuros pasos a seguir. Por tal motivo, un objetivo útil y eficaz para una

investigación científica creativa, debe de contener una fórmula resumida, clara, precisa, unívoca y evidente del problema (Frank, 1965; Hempel, 1988).

La mejor y más sencilla manera de plantear un objetivo comprensible, claro, preciso y operativo es formularlo en forma de una o varias preguntas, inferidas de la problemática tratada. Aunque cabe advertir que plantear los objetivos como interrogantes es una sugerencia no una obligación, aunque muchísimos investigadores así lo hacen (véase las compilaciones de Curtis, 1999; Brezinski, 1993; de Kruif, 1988; Duncan & Weston-Smith, 1987). El objetivo se puede enunciar como una afirmación, aunque si se le examina, por lo general, conlleva implícita una pregunta, p. e. se puede plantear un objetivo educativo de la siguiente manera: "Describir el perfil cultural del alumnado", pero también ¿Cuál es el perfil cultural del alumnado? Ambas oraciones son adecuadas para los fines que se persigue, sin embargo, se considera que la segunda orienta con mayor facilidad hacia dónde se deben dirigir las acciones posteriores de la investigación.

P. e. Cairns-Smith (1987), plantea el objetivo de su investigación en la microbiología sintética, de la siguiente forma: "Queda un interrogante decisivo. ¿Se puede duplicar siempre en las arcillas las pautas de carga?" (p. 406). También Salam, (1987, p. 180) premio Nobel, describe los objetivos de la física de las partículas elementales como preguntas: "¿Qué es la materia? ¿Cuáles son las leyes que gobiernan su comportamiento? ¿Existen entidades fundamentales de las que está constituida toda la materia y toda la energía?"

Es necesario advertir que los problemas que abordan las ciencias sociales, a veces, son complejos e intervienen muchas variables, por ello, no siempre es posible ser tan preciso y metódico, no obstante, se recomienda seguir planteando los objetivos en forma de preguntas, tal como lo hizo Munford en su clásico libro *Técnicas y civilización*:

Durante los últimos mil años la base material y las formulas culturales de la civilización occidental han sido modificadas por el desarrollo de la máquina. ¿Cómo ocurrió esto? ¿Dónde ocurrió? ¿Cuáles fueron los principales motivos que alentaron esta transformación radical del medio ambiente y la rutina de la vida? ¿Cuáles fueron los medios y los métodos? ¿Qué valores inesperados surgieron en el proceso? Estas son algunas de las preguntas que el presente estudio tratará de contestar (1971, p. 21).

Elementos básicos del objetivo

En todo caso, si no es posible unificar la idea que se debe tener el objetivo de la investigación, es menester tener presente las siguientes consideraciones: 1) El objetivo debiera formularse de forma clara, resumida y precisa, de forma tal, que sólo pueda prestarse a una interpretación; 2) Ha de ser expresado racional y objetivamente; 3) Que responda con base a conceptos constituidos por factores *observables*, directa o indirectamente; 4) Que invite a la observación sistemática de hechos (Hempel, 1988, p. 145); 5) El enunciado del objetivo es susceptible de subdividirse, si ello ayuda a la simplificación de la problemática y a la clarificación del tipo de búsquedas necesarias para resolverlo; 6) El trabajo se facilita si el objetivo se hace en forma de pregunta; 7) No pretender buscar y menos creer que se puede encontrar la certeza, la verdad, la esencia del fenómeno o el resultado final y absoluto. Si ese fuera el sentido de la búsqueda de antemano es necesario advertir que esas cuestiones no las atiende la ciencia contemporánea; 8) La investigación científica estudia la realidad tal cual es (Schrödinger, 1997, p. 80), por ello, no resuelve problemáticas normativas, es decir, no responde adecuadamente a situaciones donde la respuesta que se busque sea determinar si una acción o un proceso se considera bueno o malo, correcto o incorrecto, justo o injusto.

Si se ha formulado con creatividad y eficacia el objetivo de la investigación, entonces, se estará en posibilidad de continuar con la investigación que ya ha tomado un rumbo más o menos definido. Del adecuado y por qué no decir, brillante desarrollo del objetivo dependerá, en buena medida, del éxito o el fracaso del siguiente paso en la investigación. Se hace referencia al desarrollo de la o las hipótesis.

La hipótesis y su relación con el descubrimiento científico

Una vez logrado un objetivo que satisface el esfuerzo de síntesis de la problemática a tratar, el científico estaría en condiciones de pasar a una nueva etapa del proceso de investigación, donde buscaría plasmar los supuestos o hipótesis del estudio.

Resulta importante aclarar el sentido de este paso, porque a veces, a las hipótesis se les utiliza más como un incómodo requisito metodológico o incluso burocrático mas que como una pieza fundamental del ulterior desarrollo del proceso de investigación. Esta falta de comprensión sobre la función de los supuestos resulta común en muchas investigaciones; es fácil apreciar esta insuficiencia si se revisa el método, el análisis y las conclusiones del estudio, y se constata que las hipótesis no juegan ningún papel significativo en ellos.

Para aquilatar el valor de las hipótesis para el desarrollo posterior de la investigación y facilitar efectivamente el proceso de investigación se debe tomar en cuenta que la finalidad de plantear el objetivo de la investigación como una pregunta tuvo una razón operativa, pues induce de manera natural a elaborar una respuesta. Corresponde al investigador formular aquella respuesta-hipótesis que explique de la mejor manera posible al objetivo planteado. Cuando el investigador encuentra la mejor respuesta se afirma que al fin se ha enunciado la hipótesis del estudio, y no importa si es apenas una vaga conjetura del problema que se desea resolver (Dobzhansky *et al*, 1980).

Como se puede suponer, la formulación de esta clase de respuesta requiere de un amplio conocimiento del problema, sagacidad y a veces una gran imaginación. Su punto de partida lo proporciona la experiencia, que en este caso representaría tanto los resultados obtenidos principalmente por medio de otras investigaciones referidas al problema, como lo sustentado en las observaciones personales del fenómeno. Ellas indicarían cuál es la explicación que agrupa al mayor número de frecuencias observadas en el pasado. Este supuesto se trasformaría en la hipótesis normal del estudio, dado que para los fines del científico indicará que “será aproximadamente la respuesta más válida en el futuro” (Reinchenbach, 1975, p. 245).

Sin embargo, si la respuesta o la explicación normal encontrada, a juicio fundado del científico, resultara insuficiente, incompleta o errónea para explicar el comportamiento de hechos *nuevos*, entonces, gracias a su actitud crítica, debería estar dispuesto a romper con los esquemas teóricos clásicos, la opinión de la autoridad académica y los modelos aprendidos para buscar una nueva explicación radicalmente diferente a las conocidas anteriormente (Haveman, 1967, pp. 212-213).

Cuando un problema es capaz de formular una respuesta de esta categoría, es posible señalar que el científico se encuentra en la fase donde puede surgir el elemento más apreciado por la propia comunidad científica y la cual representa la última aspiración del investigador: el descubrimiento, o sea, proponer una explicación más amplia que las existentes, hasta ahora, que transforme el conocimiento científico del problema y quizá de la disciplina involucrada. En otras palabras, *la hipótesis es otra manera de nombrar al descubrimiento científico* o como afirma Reichenbach (1975) “El descubrimiento es la esencia misma de la explicación” (p. 15) y la explicación es el atributo de la hipótesis.

El descubrimiento resulta el momento crucial en que se pronuncia el “Eureka” (lo tengo) de Arquímedes; es la explicación científica que se encuentra atrás de todas las manzanas que caen (Newton), de todas las serpientes que danzan (Kekulé) y de todas las asociaciones brillantes que dan respuesta a complejos problemas; algunos lo llaman “el contexto del descubrimiento” (Acevedo-Díaz, 2017). La hipótesis, en cambio, viene a ser la operación mental que transforma aquel brillante, espontáneo, colorido y sugerente descubrimiento en una explicación clara, coherente, racional y potencialmente verificable del problema planteado en el objetivo de la investigación, Mills (2000, p. 232) y Bárcenas (2002) lo llaman “el contexto de la presentación”. En otras palabras, la hipótesis viene a ser aquella respuesta que tiene aparentemente el mayor poder explicativo de la realidad estudiada

y, por tanto, posee las mayores probabilidades de responder de manera satisfactoria al problema planteado originalmente. Son las razones anteriores por lo que la hipótesis en la ciencia resulta el concepto clave para lograr el conocimiento futuro y es la estrella de las investigaciones debido a que representa al descubrimiento científico. En otras palabras, la hipótesis busca explicar y si es posible predecir probabilísticamente los fenómenos que aborda, en caso de comprobarse la relación establecida.

Contenidos de las hipótesis

La hipótesis debe ser la respuesta al problema planteado en el objetivo de la investigación, esta es la condición básica para que se la considere una hipótesis, no importa si son apenas vagos supuestos.

En ella aparecerían los elementos, los hechos, los fenómenos o las personas que intervienen en la explicación del problema, las que metodológicamente se les llamará *variables (a)*. Si se desea ser más formal, las variables se pueden dividir por su condición en independientes y dependientes:

a.1) La variable *independiente* toma ese calificativo porque es la que influye en el comportamiento de las otras variables;

a.2) Variable(s) *dependiente(s)*, es (son) aquella(s) que se modifica(n) por la acción de la variable independiente.

Otros elementos de las hipótesis serían:

b) Las relaciones o procesos que se establecen entre dichas variables y, si es posible;

d) Se establecen las consecuencias que resultarán de verificarse la relación predicha.

P. e. antes de la existencia de la química moderna se había formulado una hipótesis muy útil que explicaba el comportamiento de la materia cuando ardía. Dicha teoría se sustentaba en el siguiente principio teórico: "Todos los cuerpos contienen una sustancia levitante que pierden justamente en la combustión" (Bernal, 1972, pp. 594). Esa sustancia es el flogisto y la hipótesis, por tanto, es:

Ho. Los cuerpos que contienen mucho flogisto se queman bien y los cuerpos que no se queman es que no contienen flogisto.

De lo expuesto se podría deducir que las variables que intervienen en la hipótesis son: "los cuerpos" y el "flogisto". Y las relaciones o procesos son: "si (los cuerpos) contienen mucho (flogisto) se queman bien" y "los (cuerpos) que no se queman es que carecen (de flogisto)".

En este caso, la variable independiente es el flogisto, pues los cuerpos dependen de él para que ardan. Los cuerpos serían la variable dependiente (porque se modifican por la acción de la variable independiente). La consecuencia de quemar un cuerpo consistiría en que la materia perdería peso al inflamarse, es decir, el flogisto se desprendería.

Ahora, otro ejemplo de las Ciencias Sociales: El henequén mexicano es una fibra dura (así se cataloga al henequén), que ha tenido muchos problemas y parece que finalmente casi desapareció de los mercados internacionales. Aquí la hipótesis parte de las razones dadas por la empresa que comercializa el henequén para dar razón de su fracaso en el mercado.

Ho. "Los competidores de Cordemex ofrecen sus productos a precios internacionales inferiores, ese es el principal problema de henequén mexicano" (Cordemex, 1977).

La variable independiente serían los *precios internacionales* de las fibras duras; según esta suposición, de los precios depende la permanencia de los productores en el mercado mundial. En consecuencia las variables dependientes serían: *los productores internacionales y el productor mexicano*. Las relaciones que se establecen son: "(Los competidores internacionales) ofrecen sus productos a precios inferiores (al productor mexicano, Cordemex)". En otras palabras, el investigador debe probar

que los precios de los competidores son efectivamente inferiores a los que ofrece Cordemex para que dicha explicación sea la razón de su salida del mercado internacional.

Es importante agregar que en ocasiones las hipótesis son mucho más vagas de lo que el científico quisiera, no por esta circunstancia se evitará formular los supuestos de la investigación, es probable que estos esfuerzos intelectuales ayudarán a teorizar, cada vez más, las observaciones de la realidad. Para la adecuada prueba de las hipótesis recurrir a la cuantificación es uno de los elementos más útiles, pero es difícil de aceptar en ciencias sociales o en historia natural. Cuando no es posible ofrecer hipótesis que se presten a la cuantificación el investigador se encuentra frente a un principio elemental de conocimiento, mas no de certidumbre.

Se ha puesto de relieve que para un científico la hipótesis es la respuesta que explica mejor al problema investigado. Sin embargo ¿Es la explicación más certera? Inicialmente y para los fines de la propia investigación se la considerará como la explicación más cierta de los hechos observados, aún cuando no esté seguro de si efectivamente lo será para los hechos futuros. Esta es la actitud crítica que debiera prevalecer en todo científico. El astrónomo Lyttleton (1987, p. 25) destaca la importancia de este elemento psicológico al señalar: "Antes de examinar cómo se inventan ideas y las hipótesis nuevas, (...) consideremos la *actitud* que debe adoptar el científico ante tales novedades e incluso ante las ideas y las teorías existentes" (énfasis añadido).

¿Existen investigaciones científicas sin hipótesis?

Ahora que se ha puesto de realce el papel que juegan las hipótesis en la investigación, es útil preguntarse ¿Hay investigaciones científicas sin hipótesis? La respuesta es afirmativa, lo que resalta la flexibilidad que hay en este tipo de indagaciones. Cuando no existen antecedentes, explicaciones o teorías que expliquen el problema la guía que normará la prueba es el propio objetivo de investigación, se desprende que se trata de casos excepcionales.

En ciencias sociales no es insólito investigar de esta manera, porque los problemas suelen ser imprecisos y complejos, y el número de variables que se incluyen en ocasiones son muy abundantes. En estos casos, el valor de la investigación reside en su carácter exploratorio y en la riqueza *cualitativa* de su perspectiva, aunque pueda ser pobre en métodos y procedimientos.

Lo que se debería tomar en cuenta es que las conclusiones que se derivan de este tipo de investigaciones son explicaciones *ad hoc* (Hempel, 1983, p. 19-21), es decir, se ajustan a los resultados obtenidos. En estos casos, las conclusiones convertidas en conjeturas deberían ser puestas a prueba por una nueva investigación que corrobore que se verifica para los hechos futuros.

A propósito de la formulación del marco teórico.

Se ha puesto de relieve que las hipótesis surgen principalmente de la revisión de los resultados de otras investigaciones. Sin embargo, en el proyecto inicial no es necesario desarrollarlas de manera amplia y detallada, dado que se trata del inicio de la investigación y no necesariamente las hipótesis que se derivan de una teoría van a ser validadas por las pruebas pertinentes, quizá algunas serán desestimadas durante su análisis. Más adelante, cuando la hipótesis sea probada se tendrá que desarrollar ampliamente el marco teórico de esa conjetura en particular. Se hace necesario recordar que las investigaciones cuyas hipótesis no se validan en muy raros casos tienen posibilidades de ser aprobadas como tesis o publicadas; algo que parece una limitación de las formas aceptadas de la comunicación científica debido a que el error, en más de una ocasión, ha sido una fuente para el descubrimiento de nuevas cosas y además es una fórmula de aprendizaje válido para el científico (Brezinski, 1993).

La formulación de la hipótesis puede ser apenas una vaga suposición de lo que puede ser cierto o muy elaborada o inclusive no existir, en realidad, como ya se señaló, la versatilidad y flexibilidad de la investigación científica es enorme, y de ninguna manera se puede considerarla como una limitación.

El diseño del método o plan de observación.

Una vez formuladas las hipótesis el proceso de investigación ejecuta un cambio significativo, porque proponer una hipótesis significa que el enunciado debería ser sometido a un análisis lógico, tanto sintáctico como semántico (Bunge, 1974, p. 57), si se aprueba pasaría a ser verificado, contrastado o analizado “Con independencia de si se propone describir un hecho o evento concreto o expresar una ley general o alguna otra proposición más compleja” (Hempel, 1983, p. 38).

Por ello, derivado de las conjeturas aparecen consecuencias que, si son ciertas, explicarán los hechos que hasta ahora se resisten a ser clarificados cabalmente (Pérez Tamayo, 2008; Hempel, 1983; Russell, 1974). Ayala (Dobzhansky, *et al*, 1980) proporciona una idea de cómo estos procesos se suceden e interactúan: “El pensamiento científico puede caracterizarse como un proceso de invención o descubrimiento seguido de una ratificación o confirmación” (p. 475). Se trata de un desafío a la imaginación operativa y la actitud crítica, puesto que las hipótesis se verán enfrentadas a la dura realidad, y para un científico nada hay más lúdico y estimulante que observar lo cerca que están los supuestos de los hechos que pretende explicar (Huizinga, 2005, pp. 257-259).

El método o plan de acción sirve para establecer la pauta de cómo se van a realizar las observaciones de los procesos investigados; y aunque cualquier persona observa, la observación del científico tiende a ser sistemática, controlada, objetiva y verificable con el propósito de descubrir objetos y relaciones que hasta donde le es posible son independientes de sus deseos, intereses y opiniones (Tristán López & Pedraza Corpus, 2017; Pérez Tamayo, 2008; Bernal, 1972).

En consecuencia, una vez formulada(s) la(s) conjetura(s), el investigador debería ser capaz de diseñar una estrategia operativa capaz de verificar o rechazar las explicaciones contenidas en las hipótesis o en caso de no haber conjeturas buscarlas, con base en observaciones directas o indirectas replicables, ya que: “No existe rama de la ciencia empírica que no dependa absolutamente de un cuerpo de observaciones verificables y básicas” (Knauth, 1975, p. 15), o como Havemann (1967, p. 212) señala: “Todo pensamiento teórico apunta a obtener inferencias de tipo relativamente general partiendo de las generalidades y singularidades del material empírico”.

Criterios para escoger el método

La observación científica parte del hecho significativo de que generalmente existen varias maneras de observar el fenómeno, lo que plantea la siguiente cuestión ¿Qué criterios debe tomar en cuenta el científico para escoger el método? La respuesta señala que entre más precisa y objetiva sea la observación de los hechos, más cerca se está de cumplir con los valores de la ciencia y más rigurosa será la prueba (Tristán López & Pedraza Corpus, 2017). En consecuencia, los investigadores deberían preferir los métodos que permitan el mayor control sobre la observación que se hará. Sin embargo, no siempre es posible lograr el máximo control, el experimento, porque un objeto observado se manifiesta en la realidad y ésta presenta retos que pueden hacer que el máximo control de la observación se vuelva problemático.

Lo anterior implica que el investigador debería contemplar la posibilidad de responder a sus objetivos o hipótesis mediante varios métodos y escoger 1) el que logre el mayor control sobre la observación *considerando* 2) las particularidades en que se manifiesta el problema y 3) las circunstancias del investigador: tiempo, presupuesto y experiencia.

No está demás señalar que se juzgaría absurdo creer que una teoría indica un tipo determinado de método. El científico entiende que su éxito depende de la solución del problema que se planteó y no la teoría, la filosofía, la ideología o la concepción del mundo a la cual se adscriba (Pérez Tamayo, 2008, p. 198). Esta es la razón por la cual se afirma que la selección del sistema de observación no es una mera rutina técnica inferida de la teoría preferida por el científico, sino producto de una estrategia que selecciona a uno de entre varios métodos en función de la complejidad de la

observación, la experiencia del científico y la adecuación a los valores de la ciencia (de la Lama García, 2019).

Elementos a considerar en el planteamiento del método

Dada la pluralidad y complejidad de la observación, el diseño del método es uno de los oficios más creativos del científico y consiste en: 1) Determinar cuáles son los hechos a observar; 2) Establecer la estrategia general de la observación, y explicar por qué se desecharon otros métodos, quizás más precisos, pero vulnerables al medio del proceso estudiado; 3) Proponer los instrumentos que permitirán observar los hechos que se infieren de las hipótesis que se han propuesto verificar (de la Lama Zubirán, *et al.* 2021; Díaz Portillo, 1998); 4) Registrar meticulosamente el tiempo y el lugar donde se realizarían tales observaciones, si el proyecto fuese aprobado; 5) Explicar cómo se espera ordenar y clasificar los datos obtenidos por los instrumentos usados; 6) Describir las técnicas que se emplearían en el estudio de los resultados ya ordenados; pueden ser estadísticas, comparativas, descriptivas, documentales o de cualquier otro tipo; 7) Además, se debería mencionar las limitaciones que se espera encontrar. Mills (2000, p. 141) lo resume: “es el problema de la prueba”.

En la planeación del método hay que tener verdadero cuidado, dado que es la antesala de la acción, del obrar; un planteamiento incorrecto o simplemente no adecuado a los fines del estudio podría hacer fracasar la investigación o que el tutor o la institución no avale el proyecto. Es por ello recomendable atender a la racionalidad en el método y la cualidad de dicho sistema en referencia a lo que se busca, antes de seleccionarlo.

Nuevos métodos no siempre son bien vistos

Recurrir a métodos de otras disciplinas y combinarlos con los ya tradicionales o incluso diseñar nuevos aparece con frecuencia cuando se incursiona en campos no explorados o problemas que se acometen bajo perspectivas no convencionales. Gracias a ellos se aclaran enigmas que ayudan a una mejor comprensión de la Naturaleza, incluida la sociedad. Tal desafío no debería ser un impedimento para seguir adelante en la investigación. Mills es un convencido de la importancia de recurrir a métodos heterodoxos, si el problema lo amerita:

Formular y resolver todos los problemas importantes de nuestra época requiere la selección de materiales, conceptos y métodos de más de esas varias disciplinas (...) La especialización debe hacerse de acuerdo con ese grupo de problemas y no de acuerdo con fronteras académicas (2000, p. 156).

Es conveniente advertir que en más de una ocasión la elección de un método particular, sobre todo si sale de lo conocido o aceptado acarreará dificultades con algunos miembros de la academia y colegas. Munford al respecto comentó:

La filosofía y el método subyacente a *Técnicas y civilización* desafiaron abiertamente muchas opiniones corrientes de los estudiosos, en particular los procedimientos estereotipados que impedían valorar debidamente más de un segmento aislado de su tema y estimar los productos sociales y culturales de los desarrollos técnicos (1977, pp. 16-17).

Si el investigador considera que mediante esos nuevos métodos ampliará el conocimiento de una materia que él considera importante no debería ser un impedimento la opinión de los que difieren al respecto, siempre que estos métodos sean replicables.

La elaboración del método finaliza cuando la propuesta de lo que se piensa hacer ha quedado consignada en un cronograma, donde se especificaría el tiempo que exigiría llevar a cabo la investigación. Este lapso de tiempo debería estar en consonancia con la finalidad formal de la investigación, es decir, se debería considerar excesivo planear obtener un grado de licenciatura con una pesquisa que se espera finalizar en tres años, no así, si se pretende lograr un doctorado.

Discusión

Es de aceptación general que las investigaciones científicas, y también las tecnológicas con alto contenido teórico se han convertido en un aliado fundamental de las sociedades más desarrolladas, lo que introduce interrogantes sobre la viabilidad de las civilizaciones que en el siglo XXI no puedan incorporar la investigación científica dentro de su cultura de manera efectiva, creativa y práctica.

Si se quiere entender, asimilar, practicar y difundir la investigación científica se la debería aceptar como una más de las actividades creativas que han creado los hombres y las mujeres. Tan humana, es decir, tan llena de sorpresas, fracasos y logros como la mayoría de las empresas creativas en las que se ha embarcado. Se debería reconocer que recurrir al método científico no es una garantía para obtener conocimiento válido, es apenas la mejor manera de resolver problemas complejos, por lo que no existe certeza de que al recurrir a él se logre alcanzar dicho objetivo.

Conclusión

La unión del planteamiento del problema junto con los objetivos del estudio, las hipótesis del mismo (si las hay) y el método en ese orden crean un proyecto de investigación, que responde al contexto de descubrimiento. Este proyecto deberá ser aprobado por la instancia académica correspondiente, la cual evaluará su coherencia, racionalidad, potencialidad, y si es aprobado, el investigador podrá proseguir con el análisis, las pruebas pertinentes, y quizá descubra nuevas generalizaciones de la realidad, que satisfaga el compromiso personal e intransferible que lo motivó a esta aventura fascinante.

Referencias

- Acevedo-Díaz, J. A. (2017). Sobre la naturaleza de la ciencia y los contextos científicos de descubrimiento y justificación. *Divulgación y Cultura Científica Iberoamericana*. <http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Sobre-leyes-y-teorias-cientificas>
- Bachelard, G. (1974) *La formación del espíritu científico. Contribución a un psicoanálisis del conocimiento objetivo*, Siglo XXI, 1974.
- Bárcenas, R. (2002). Contexto de descubrimiento y contexto de justificación: un problema filosófico en la investigación científica. *Acta Universitaria*, 12(2), 48-57. <https://www.redalyc.org/pdf/416/41600206.pdf>
- Bradley, L., Noble, N., & Hendricks, B. (2020). The APA Publication Manual: Changes in the seventh edition. *The Family Journal*, 28(2), Doi: <https://doi.org/10.1177/1066480720911625>
- Bernal, J. D. (1972) *La ciencia en la historia*, UNAM.
- Bernstein, J. (1982) Rabí: la edad moderna, en *La experiencia de la ciencia, semblanzas de algunos descubridores*. Fondo de Cultura Económica.
- Brezinski, C. (1993) *El oficio de investigador*, Siglo XXI.
- Bunge, Mario. (1974) *La ciencia, su método y su filosofía*, Siglo XXI.
- Cohen, B. (1983) *La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*, Alianza Universidad.
- Cairns-Smith, A.G. (1987) Vida sintética para la industria, en Ronald Duncan y Miranda Weston-Smith (compiladores) *La enciclopedia de la ignorancia, todo lo que es posible conocer sobre lo desconocido*, CONACYT & Fondo de Cultura Económica.
- Cordemex. (1977) *Seis años de labores 1970–1976*. Cordemex informe de labores.
- Curtis, L. P. (compilador y autor), *El taller del historiador*, Fondo de Cultura Económica.

- de la Lama Zubirán, P.; de la Lama Zubirán, M. A. y de la Lama García, A. (2022) Los instrumentos de la investigación científica. Hacia una plataforma teórica que clarifique y gratifique. *Horizonte de la ciencia. Revista científica de la unidad de posgrado y la Facultad de Educación, de la Universidad Nacional del Centro de Perú*, Año 12(22), 189-202. Recepción: 05/03/2021 aprobación 27/05/2021. <https://10.26490/uncp.horizonteciencia.2022.22.1078>
- de la Lama García, A. (2019). *Las reglas del juego de la investigación científica*, E-book.
- Díaz, Portillo, I. (2001) *Técnica de la entrevista psicodinámica*, Pax, México, 2da ed.
- de Kruif, P. (1988) *Cazadores de microbios*, editores mexicanos unidos, 8va. ed.
- Dobzhansky, T., Ayala, F.G., Stebbins, G.L. & Valentine J.W. (1980). *Evolución*, Omega.
- Duncan, R. y Weston-Smith, M. (compiladores) (1987). *La enciclopedia de la ignorancia, todo lo que es posible conocer sobre lo desconocido*, CONACYT & Fondo de Cultura Económica.
- Frank, P. (1965) *Filosofía de la ciencia. El eslabón entre la filosofía y la ciencia*, Herrero Hermanos sucesores.
- Havemann, R. (1967) *Dialéctica sin dogma*, Ariel, 1967.
- Hayati, D. P., Bintari, S. H., & Sukaesih, S. (2018). Implementation of the practicum methods with guided-discovery model to the student skill of science process. *Journal of Biology Education*, 7(1), 118-126. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujbe/article/view/23005>
- Hempel, C. (1983) *Filosofía de la ciencia natural*, Alianza Editorial.
- Hempel, C. (1988) *La explicación científica. Estudios sobre filosofía de la ciencia*, Paidós.
- Holton, G. (1988) *La imaginación científica*, Fondo de Cultura Económica.
- Huizinga, Johan. (2005), *Homo Ludens. El juego y la cultura*, Fondo de Cultura Económica, 2ed.
- Karpatne, A., Atluri, G., Faghmous, J. H., Steinbach, M., Banerjee, A., Ganguly, A., ... & Kumar, V. (2017). Theory-guided data science: A new paradigm for scientific discovery from data. *IEEE Transactions on knowledge and data engineering*, 29(10), 2318-2331. <https://ieeexplore.ieee.org/ielam/69/8031002/7959606-aam.pdf>
- Kapitsa, P. (1985). *Experimento, teoría, práctica: artículos y conferencias*. Mir
- Knauth, L. (1975) *Programa de historia universal moderna y contemporánea*, ANUIES.
- Kedrov, B. M. (1982). La psicología en la creación científica. En Mstislav Vsevolodovich, Keldysh e Iván Artobolevsky (coord.). *La edad del conocimiento*, Guajardo, pp. 113-126.
- Kent, R. (1999) La verdadera magnitud de un pequeño problema histórico, en L. P. Curtis (compilador y autor), *El taller del historiador*, Fondo de Cultura Económica.
- Lakatos, I. (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*, Alianza Editorial.
- Lytleton, R. A. (1987) La naturaleza del conocimiento, en Ronald Duncan y Miranda Weston-Smith (compiladores) *La enciclopedia de la ignorancia, todo lo que es posible conocer sobre lo desconocido*, CONACYT & Fondo de Cultura Económica.
- Melo, L., Cardona, G., Cañada, F & Martínez, G. (2018) Conocimiento didáctico del contenido sobre el principio de Arquímedes en un programa de formación de profesores de Física en Colombia. *Revista mexicana de investigación educativa*, 23(76), 253-279. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662018000100253
- Mills, W. C. (2000) Sobre artesanía intelectual, en *La imaginación sociológica*, Fondo de Cultura Económica.
- Munford, L. (1971) *Técnicas y civilización*. Alianza editorial.

- Nickles, T. (2020) Scientific Discovery as a Topic for Philosophy of Science: Some Personal Reflections. *Topoi* 39, 841–845. <https://doi.org/10.1007/s11245-018-9566-0>
- Rottoli, G. D., Merlino, H., & García-Martínez, R. (2017, June). Co-location Rules Discovery Process Focused on Reference Spatial Features Using Decision Tree Learning. In *International Conference on Industrial, Engineering and Other Applications of Applied Intelligent Systems* (pp. 221–226). Springer, Cham. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-60042-0_25
- Reichenbach, H. (1975) *La filosofía científica*, Fondo de Cultura Económica.
- Rude, E. (1999) El rostro cambiante de la multitud, en L. P. Curtis (compilador y autor), *El taller del historiador*, Fondo de Cultura Económica.
- Russell, B. (1974) *El pensamiento científico*, Ariel, 4/e.
- Schrödinger, E. (1997) *La naturaleza y los griegos*, Tusquets.
- Pérez Tamayo, R. (2008) *La estructura de la ciencia*, Fondo de Cultura Económica.
- Perkins, D. (2003). *La bañera de Arquímedes y otras historias del descubrimiento científico*. Paidós.
- Salam, A. (1987) Sondeando las entrañas de la materia, en Ronald Duncan y Miranda Weston-Smith (compiladores) *La enciclopedia de la ignorancia, todo lo que es posible conocer sobre lo desconocido*, CONACYT & Fondo de Cultura Económica.
- Tristán López, A., & Pedraza Corpus, N. Y. (2017). La objetividad en las pruebas estandarizadas. *Revista Iberoamericana de evaluación educativa*. 10(1), 11–31. <https://doi.org/10.15366/rie2017.10.1.001>
- White, L. T. Jr. (1999) Historia de clavos y herraduras, en L. P. Curtis (compilador y autor), *El taller del historiador*, Fondo de Cultura Económica.



© Los autores. Este artículo es publicado por la *Horizonte de la Ciencia* de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Educación de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Atribución-No Comercial 4.0 Internacional. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), que permite el uso no comercial y distribución en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.