

Para citar este capítulo siguiendo las indicaciones de la séptima edición en español de APA:

Rodríguez Rodríguez, O. L. D. (2026). La Física de Pierre Duhem: perspectiva fenomenológica desde la continuidad epistemológica. En J. Gutiérrez Avendaño (Dir.), *Horizontes educativos en ciencias, diversidad, sociedad y tecnología* (pp. 74-87). Fondo Editorial Universidad Católica Luis Amigó. <https://doi.org/10.21501/9786287765337.5>

Capítulo 5.

La Física de Pierre Duhem: perspectiva fenomenológica desde la continuidad epistemológica¹

Olga Luz Dary Rodríguez Rodríguez*

¹ Capítulo derivado del proyecto doctoral titulado “La física fenomenológica de Pierre Duhem desde la continuidad epistemológica”, presentado en la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia. Fecha de inicio: agosto de 2024.

* Magíster en Docencia de la Física, docente, Universidad de Antioquia, Medellín-Colombia. Correo electrónico: olga.rodriguez@udea.edu.co, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9523-7789>

Introducción

Desde los años 80 hasta hoy se han adelantado análisis críticos a nivel nacional e internacional acerca de la primacía del libro de texto en la educación en *física* (Aguirre de Cárcer, 1983; Romero et al., 2002; García, 2009; García & Estany, 2010; Maturano & Mazzitelli, 2018; Pérez & Meneses, 2020). Podríamos decir que hay un énfasis mecanicista, clásico, centrado en la idea de causalidad y de naturaleza: “El privilegio que se le da a la mecánica newtoniana en la enseñanza ... impide que aspectos importantes en la organización de los fenómenos ... sean trabajados. El ... equilibrio ... ilustra este tipo de dificultades” (Ayala, 2006, p. 34).

En este contexto es usual el planteamiento de rupturas entre la física centrada en la mecánica newtoniana y las teorías más contemporáneas (Macías et al., 2015; Lima de Sousa Junior & Pinguelli, 2020); lo que ha conllevado a que, en la mayor parte de los currículos de los programas de educación en física, las asignaturas disciplinares se planteen como contextos conceptuales desligados entre sí: mecánica, óptica, termodinámica, electromagnetismo, relatividad y cuántica (Herrmann et al., 2022); se trata de campos irreconciliables entre sí. No obstante, hay una tendencia a hacer reducciones operativas, ausentes de la experiencia, para crear relaciones entre estos espacios; esto ha llevado a que predomine la memorización a nivel educativo. Este panorama no es exclusivo de Latinoamérica; sino que también lo comparten España, Francia e Italia (Arcà, 1999); lo que ha llevado a rupturas entre el lenguaje especializado y el cotidiano.

... en la mente de Newton la energía no es una noción crucial ni prototípica. Lo mismo ocurre en la mayoría de nuestras presentaciones “newtonianas” de la mecánica, a pesar de los pasos apresurados para pegar “teoremas de energía” encima del “principio de fuerza”. No es de extrañar que la mayoría de los estudiantes no entiendan en absoluto cómo funciona la mecánica (o el electromagnetismo); a veces de por vida. (Guidoni, 2004, p. 228)

Kuhn (2004) en su obra *La estructura de las revoluciones científicas* cuestiona los libros de texto; hace una analogía respecto a la imagen de ciencia que difunden, con la imagen que se obtiene de la cultura nacional a través de folletos turísticos. Kuhn considera que se trata de una perspectiva ahistórica de la enseñanza, que obedece al afán de hacer accesible, en una forma más rápida y eficaz, la ciencia a cualquier individuo.

Este contexto resulta problemático en tanto estamos enajenados, docentes y estudiantes, de los procesos de producción científica (Ayala, 2004). Esta imagen de ciencia, culturalmente instaurada, delega en los científicos el papel de producir significados y sentidos; y genera con ello prácticas sociales de recepción y difusión de conocimiento científico, en las que los maestros jugamos un papel pasivo frente a la construcción de derroteros en el contexto sociocultural del que hacemos parte. ¿Por qué adelantar prácticas culturales, como la educación en física, de modo que no nos hagamos partícipes de la construcción de nuestro propio futuro? ¿Somos meros subsidiarios de los científicos? Por ello, la urgencia no solo de reconocer esta realidad de dependencia (de poder) sino de rechazarla (Foucault, 1995).

Mientras docentes y estudiantes, aún hoy en nuestros contextos educativos en física, se centran en la resolución de ejercicios de manera operativa (Driver, 1986; Perales, 1993; Elizondo, 2013); otros, como la Fundación *La Main à la Pâte* de Francia (Charpak et al., 2005): en la que se conjugan el CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) con profesores del campo científico de las instituciones públicas, y los grupos *Universidad Escuela* de la Universidad de Roma (Arcà et al., 1990) y *Física y Cultura* de la Universidad Pedagógica Nacional; apuntan, en primer lugar, al abordaje urgente, de manera alternativa, de la educación en física y, en segundo lugar, al análisis de la manera de introducir la física contemporánea, de manera que la historia de las ciencias ocupe un lugar fundamental en sus propuestas.

Si bien son muchos los casos en física que se han abordado, la brecha entre la física clásica y la moderna sigue siendo un problema vigente. Por ello, me propongo abordar la obra del físico francés Pierre-Marie-Maurice Duhem (1861-1916), considerado por algunos estudiosos como uno de los más grandes intelectuales franceses de su época, en tanto se sitúa en este filo del cuestionamiento entre la ciencia clásica y el nacimiento de la moderna. Situada aquí contextualmente y desde mi reconocimiento como maestra, planteo la pregunta de investigación: ¿Qué elementos nos ofrece la cosmovisión de Duhem, y en particular su enfoque sobre la historia de las ciencias, para la educación en física? Los propósitos del presente trabajo sobre los que se expone el desarrollo inicial son: caracterizar la cosmovisión duhemiana y su concepción acerca de la historia de la física.

Marco teórico. Historia, epistemología y construcción de conocimiento

Los análisis histórico-críticos adelantados por Ayala (1996, 2004, 2008, 2018) nos muestran una ruta en la que podemos destacar aspectos como la diversidad de fenomenologías construidas, en contraste con la restricción desde la mecánica newtoniana; de igual manera, podemos destacar la interrelación entre esta diversidad de campos fenomenológicos (mecánicos, electromagnéticos, ópticos, etc.); y, por último, el énfasis en la idea de equilibrio y estados como una estrategia de organización para esta diversidad de sistemas de fenómenos.

Por su parte, Arcà et al. (1990), presentan el proceso de construcción del conocimiento científico, que en su carácter individual despliega estrategias que propenden siempre por la continuidad epistemológica, que si bien es un proceso lleno de transformaciones permanentes siempre se parte de lo que se tiene construido; de igual manera, plantean este carácter continuo para la relación entre conocimientos común y científico, en tanto ambos utilizan estrategias cognitivas similares, como la analogía, entre otras.

Matthews (1994), resalta el vínculo que se ha venido fortaleciendo entre la enseñanza de las ciencias y la historia y la filosofía de las ciencias en países como Estados Unidos, Italia, Alemania, Francia, Inglaterra, España, y, en Oceanía. Por su parte, Galili (2008), comprende la historia de las ciencias como un proceso en construcción, argumentado y abierto a vías alternas; sitúa al docente en su papel de generador de historia de las ciencias; por un lado, al vincular los procesos de conocimiento individual con la tradición científica y, por otro, al posibilitar caminos de construcción conceptual, que han sido omitidos por las versiones institucionales.

Historiadores como Bachelard, Koyré y Kuhn han sido el fundamento de diferentes propuestas en el campo de la enseñanza de las ciencias, que han desembocado en posturas que privilegian las rupturas y obstáculos epistemológicos (García, 1998; Escobar, 2019), los cambios de paradigmas desde las revoluciones científicas, llevando a hablar de preconcepciones y cambio conceptual (Antola, 2024; Mahmud & Gutiérrez, 2010) o *missconceptions* (Gil-Pérez & Carrascosa, 1990; Thompson & Logue, 2006).

Ahora, nos situaremos en la obra de Duhem, que en conjunto comprende tanto el desarrollo particular como la interrelación de tres campos de conocimiento científico: física, historia y la filosofía. Si bien, algunos autores ubican la producción intelectual de Duhem en estos campos en periodos cronológicos bien diferenciados (Miller, 1966), coincido con quienes afirman que su propuesta en física no puede leerse ni comprenderse al margen de una serie de reflexiones y análisis con los otros campos del conocimiento referidos.

Stoffel (2002) se refiere al “proyecto global duhemiano”; él evidencia ciertas contradicciones que identifica con el término *fenomenalismo problemático*; no obstante, resuelve esta disyuntiva y considera el ensamble de su producción como una unidad. Paty (1986), por su parte, plantea que la física duhemiana está asociada, de manera fundamental, a la epistemología en tanto examina sus principios, y a una lógica que los organiza. También, destaca la relación estrecha entre su física, la filosofía y la historia; indica que Duhem además de confirmar, usando la historia desde lo experimental, tanto su perspectiva física como su teoría; también, como Mach, se dirige a sus pares con el respaldo de la dimensión histórica.

Igualmente, Brenner (1992), se refiere a *tradición de investigación* como una forma conjunta de abarcar diferentes teorías: por ejemplo, la relatividad, las físicas de Newton y de Aristóteles; ubica como fundamento estructural de la obra duhemiana el vínculo historia y metodología. Complementariamente con el reconocimiento en el trabajo de Duhem de la estrecha interrelación existente entre historia, filosofía y física, algunos autores consideran la propuesta científica duhemiana como su eje (Jaki, 1984; Martin, 1991; Brenner, 1992; Stoffel, 2002).

Metodología. Los análisis histórico-críticos

El enfoque metodológico de esta investigación lo constituye la dimensión histórico-crítica. En mi perspectiva, el sujeto (maestro y estudiante) es gestor de su conocimiento. Desde aquí la ciencia la concebimos como una actividad de construcción con un carácter histórico (Elkana, 1977). El proceso de muchos sujetos en diversos contextos socioculturales no se reduce a meros resultados, desconociéndose la dinámica adelantada por los

científicos. Así pues, la ciencia, en tanto que legado cultural, con sus obras científicas, adquiere significación en la medida en que, como sujetos, con intenciones y sentidos particulares, nos aproximemos a él para traducirlo, para interpretarlo.

No obstante, no queremos decir con esto que se trate de re-elaborar un saber ya construido por otros sujetos; sino por el contrario, que aquella tradición científica es un signo a partir del cual es viable construir nuevos significados y sentidos. De aquí que la historia se conforma como un eje primordial, a partir del cual se logre configurar elementos que dinamicen la construcción de sentidos para la enseñanza (Ayala et al., 2008). En las últimas décadas usar la historia como un instrumento en la enseñanza se ha vuelto un común denominador; sin embargo, me distancio en cuanto al modo histórico (Piaget & García, 1982). Hago referencia a historia de las ciencias, en tanto se consolida cuando el maestro se enfrenta a una obra científica y a partir de allí adelanta procesos de significación, de construcción de sentidos, que de ninguna manera están ausentes de sus propios intereses y problemáticas educativas (Rodríguez & Ayala, 1996).

Hallazgos. La perspectiva fenomenológica de la física duhemiana

Cassirer (1986), ubica la obra duhemiana en un periodo de tránsito del realismo hacia un fenomenismo. Se trata de una discusión sobre los fundamentos de la física; existe un sinnúmero de perspectivas; físicos como Mach, Boltzmann, Poincaré, Ostwald, Planck y Duhem ofrecen concepciones distintas e incluso opuestas.

La teoría es para Mach y Ostwald la *adaptación a los hechos* (Cassirer, 1986). De acuerdo con Kragh (2007), Mach planteó una física fenomenológica, desde la que conceptos y teorías son organizaciones sensoriales dispuestas de manera económica. Desde Mach conocemos espacio y tiempo en el contexto amplio interrelacional de fenómenos. Así, todos los fenómenos son sumatorias funcionales (ecuaciones) de otros y de circunstancias en el tiempo y en el espacio.

Mientras la física machiana se contrapone a la mecanicista, Planck y Boltzmann combatieron la suya. Según Cassirer (1986) esta física excluyó la categoría *sustancia*; así, alivió a los físicos de numerosos problemas. En contrapartida, ciertas interrelaciones simbolizan la constancia en la naturaleza, de tal forma que experiencialmente podemos designarlas como lo sustancial.

Igualmente, contrario al mecanicismo, la física duhemiana necesita ser relacionada desde la experiencia. De esta manera, valora una multiplicidad fenomenológica, en la cual lo mecánico es una parte. Por esta razón; los modelos, ya sean mecánicos o matemáticos, no están en concordancia con la perspectiva de Duhem, porque no tienen vínculo con lo sensorial.

Las *apariencias* en la propuesta física de Duhem (1906) son fundamentales, porque son referente inicial y obligatorio para el cuestionamiento por la conveniencia de las conclusiones teóricas. Las leyes experimentales y las sensaciones no son causas últimas: no aparentan una verdad encubierta; en cambio, nuestro conocimiento se restringe a efectos, a aspectos observables. No tiene sentido lógico lo que no esté arraigado experiencialmente.

Debemos intercambiar causas por efectos, plantea Duhem, para entender que los procesos de medida permiten elaborar magnitudes; es decir, contaremos con una representación total del estado de la propiedad, si ligado a la cantidad, conocemos el patrón; por otra parte, si sabemos la escala para las diferentes intensidades o cualidades. Entonces, la fenomenología la posibilitan los efectos. El terreno sensorial ya no se restringe a lo espacial (geométrico); sino que se amplía con las cualidades porque generan experiencias novedosas; como lo magnético, lo eléctrico, lo químico y lo térmico. Este sentido extendido será para Duhem lo físico y desde allí la magnitud será comprendida.

De igual manera, el significado de *sistema* cambia porque las cualidades ya no se geometrizan: no se restringen a sistemas mecánicos. En esta nueva mirada las magnitudes físicas determinan el sistema: no hay a priori porque la realidad se construye fenomenológicamente desde relaciones entre efectos.

Interrogarse por las cosas en sí no tiene sentido, en cambio el interés radica en que es necesario ejercer acciones sobre el mundo exterior para transformarlo desde “nuestras necesidades” (Duhem, 1903, p. 221). Entonces, se trata de un requerimiento epistémico. El terreno sensorial, el de la experiencia, hospeda las propiedades.

¿La física duhemiana constituye una mecánica generalizada? Para este físico el análisis del método *Lagrange* posibilita una formalización homogénea para interpretar fenoménicamente lo electrodinámico, lo químico, lo electromagnético y lo termodinámico. En este sentido podríamos referirnos a una extensión de la exclusividad mecánica.

De acuerdo con Hadamard (1927), Duhem asume como hipótesis los dos principios termodinámicos; desde aquí, indaga experimentalmente diferentes contextos. Los efectos posibles u observados mostrarán acuerdos o discrepancias, que implicarán una validación o una desavenencia con el punto hipotético de partida respectivamente.

La incongruencia que alude Stoffel (2002), en el contexto de la propuesta de Duhem, entre fenomenalismo y realismo, se resuelve al darle primacía al primero y aislarlo de la metafísica. El proyecto duhemiano sitúa lo realista como metafísica y el fenomenalismo en el campo científico; así, localizados en terrenos enunciativos diferentes son injuzgables desde el otro campo. De forma adicional, según este autor, para Duhem la dimensión histórica le permite evidenciar la coexistencia de las dos tradiciones: la mecanicista y la fenomenalista (Rodríguez, 2014a).

Avances. La historia como elemento argumentativo del físico

En la medida en que se sabe que Duhem quería ser reconocido por sus contemporáneos como un físico, nos preguntamos junto con Stoffel (2002): ¿por qué ocupó gran parte de su tiempo y obra a la historia, al punto de representar la mitad de su producción?, ¿qué esperaba Duhem de la historia de las ciencias?

A manera de respuesta: Duhem justifica su fenomenalismo, como afirma Stoffel, con su historia. Resaltemos, en este sentido, la relación historia y ciencia, en la perspectiva duhemiana, como el modo que tienen los físicos para realizar cambios fundamentales; la dimensión histórica es, entonces, el argumento de sus deliberaciones conceptuales. Este vínculo le brinda al científico bastante libertad. Duhem (1917) enfatiza en que la historia de las teorías recomienda al físico para elegir sus hipótesis.

Duhem incorpora la historia de las teorías a su profesión de físico (Brouzeng, 1995). Por su parte, para Brenner (1992), desde 1900, Duhem asume como herramienta hermenéutica su manera de concebir las teorías en física para adelantar sus desarrollos en historia; resalta el trabajo que desarrolló sobre historiografía clásica; y considera que inaugura la epistemología histórica.

Bajo estas consideraciones es posible ubicar la obra de Ernst Mach, él mismo denomina su enfoque como “histórico-crítico” (Paty, 1997, p. 702). De esta manera, la crítica, desde la perspectiva epistemológica, hace parte de la ciencia, dado que es una actividad.

En síntesis, Duhem y Mach relacionan su física a sus estudios histórico-críticos; igualmente, ellos asumen un enfoque continuista para la historia de la física. Con sus obras históricas valoran producciones pasadas e instauran génesis y desarrollos de perspectivas particulares mediante filiaciones de conceptos.

Duhem desarrolla y se fundamenta en una historia de principios, muestra que no son representaciones provisionarias, ni explicativas, ni absolutas. Duhem resalta del enfoque machiano dos elementos previamente tratados sobre la historia; uno, su conveniencia en el contexto educativo en física, y otro, como un instrumento fundamental en el oficio del físico.

A partir del estudio del análisis de la mecánica de Mach, Duhem examina, en particular, la ruta adecuada para la enseñanza de esta ciencia, teniendo en cuenta la economía de sus ecuaciones en tanto compendian una multitud de experiencias desde lo fundamental de ellas. Para que sus leyes dejen de estar oscuras por estar reducidas a un vacío de contenido, propone no enunciar simple y “brutalmente” sus ecuaciones; sino, guiarse por el camino equivalente al recorrido por los físicos. Así, Duhem (1903) trata de ir más allá sobre la función de la historia en la educación, respecto a la mirada del momento, caracterizada por el rechazo de la historia como “una curiosidad vana y ociosa” (p. 449); en contrapartida, promulga el abordaje de la historia machiana de la mecánica, incluso a los físicos, porque considera que los orienta por este medio; no se trata pues, de ser historiadores, sino de llenar de sentido las ecuaciones de la ciencia, reflejo de nuestra economía de pensamiento.

Duhem enfatiza en que la historia de Mach no tiene el propósito de ser completa, sino que constituye una elección lógica de algunas partes del desarrollo de la física. Esta obra histórica ilumina la actualidad, de acuerdo con Duhem, en tanto presenta, de una forma subjetiva, la evolución del espíritu del hombre (Rodríguez, 2014b).

Conclusiones

Desde este estudio, caracterizar la cosmovisión de Duhem como fenomenológica significa la priorización del sujeto desde su experiencia. Esto implica que nuestro conocimiento se restringe a los efectos, a observables; lo que posibilita nuevas fenomenologías: construimos la realidad fenomenológicamente. Estamos frente a un requerimiento epistémico. Ahora, la historia de la física es una elección lógica, como lo presenta Duhem para el caso de la historia de la mecánica de Mach, que exhibe la economía de pensamiento, desde los principios, en tanto representaciones. Esta dinámica del sujeto, epistémica, resulta pertinente tanto para los mismos físicos, como conveniente para la enseñanza de la física; pues, permite llenar de sentido los formalismos.

Evidenciar el carácter fenomenológico de la física de Duhem nos permite poner de relieve aspectos como la relación teoría-experimento, que en asuntos clave como la medición: la construcción de magnitudes (extensivas e intensivas) afirma el rol fundamental del sujeto (maestro y estudiante) como constructor de conocimiento.

Ahora, reivindicar la función esencial de la historia para dos físicos como Mach y Duhem nos lleva a recuperar el valor de nuestra tradición científica, como una enorme fuente de múltiples rutas pedagógicas, que se caracterizan por la pretensión de continuidad epistemológica, lo que resulta muy oportuno para los docentes. Pensemos en lo que genera en un estudiante, y en el mismo docente, valorarse como constructor de conocimiento, en tanto reafirma sus propios pensamientos.

En este contexto surge la existencia de una diversidad de campos fenoménicos, interrelacionados entre sí, que ofrecen itinerarios de continuidad, en los cuales categorías como la de equilibrio y estado, los pueden interconectar, ofreciendo una eficiencia cognitiva a nivel de enseñanza y aprendizaje.

Referencias

Aguirre de Cárcer, I. (1983). Dificultades en la comprensión de las explicaciones de los libros de texto de física. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(2), 92-98.

- Antola, N. (2024). Papel de la Observación y las Preconcepciones Teóricas en la Enseñanza de las Ciencias Naturales. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, 4(2), 862-870.
- Arcà, M. (1999). La représentation scientifique de la réalité: expérience et expérimentation à l'école primaire. *L'expérimental dans la classe. Aster*, (28), 191-218.
- Arcà, M., Guidoni, P., & Mazzoli, P. (1990). *Enseñar ciencia. Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base*. Paidós.
- Ayala, M. (2004). Historia de las ciencias y formación de profesores: un análisis contextual. *Revista Física y cultura: Cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias*, (7).
- Ayala, M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-posições*, 17(1), 19-37.
- Ayala, M., Romero, A., Malagón, J., Rodríguez, O., Aguilar, Y., & Garzón, M. (2008). *Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos*. Universidad de Antioquia y Universidad Pedagógica Nacional.
- Ayala, M., Malagón, J., Garzón, M., & Sandoval, S. (2018). *Una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias*. Universidad Pedagógica Nacional. https://www.researchgate.net/publication/329359808_Una_perspectiva_fenomenologica_para_la_ensenanza_de_las_ciencias
- Brenner, A. (1992). Duhem face au post-positivisme. *Revue Internationale de Philosophie. Pierre Duhem*, 46(182), 390-404.
- Brouzeng, P. (1995). L'épistémologie de l'oeuvre scientifique de Pierre Duhem replacée dans le contexte du débat énergetisme-mécanicisme. En M. Panza & J-C. Pont, *Les savants et l'épistémologie vers la fin du XIXe siècle* (pp. 173-80). Libr. Scientif. Et Techn. A. Blanchard.
- Cassirer, E. (1986). *El problema del conocimiento (4)*. Fondo de Cultura Económica.
- Charpak, G., Léna, P., & Quéré, Y. (2005). *L'Enfant et la Science: L'aventure de La main à la pâte*. Odile Jacob.

- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 4(1), 3-15.
- Duhem, P. (1903/1992). *L'évolution de la mécanique*. Vrin.
- Duhem, P. (1906-1914/2003). *La teoría física, su objeto y su estructura*. Editorial Herder.
- Elizondo, M. D. S. (2013). Dificultades en el proceso enseñanza aprendizaje de la Física. *Presencia universitaria*, 3(5), 70-77.
- Elkana, Y. (1977, 1983). La ciencia como sistema cultural: Una aproximación antropológica. *Boletín Sociedad Colombiana de Epistemología*, III(10-11), 65-80.
- Escobar, A. (2019). De las rupturas epistemológicas. Una mirada desde la experiencia. *Revista de Educación Warisata*, 1(1), 51 – 66.
- Foucault, M. (1995). *Tecnologías del yo*. Ediciones Paidós Ibérica S.A.
- Galili, I. (2008). History of Physics as a tool for teaching. En M. Vicentini & E. Sassi (Eds.), *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education* (C2). International Commission on Physics Education. <http://web.phys.ksu.edu/icpe/Publications/teach2/index.html>.
- García, C. (1998). De los obstáculos epistemológicos a los conceptos estructurantes: una aproximación a la enseñanza aprendizaje de la geología. *Enseñanza de las ciencias*, 16(2), 323-330.
- García, E. G. (2009). *Historia de las ciencias en textos para la enseñanza: Neumática e hidrostática*. Universidad del Valle.
- García, E. G., & Estany, A. (2010). Filosofía de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias. *Praxis filosófica*, (31), 7-24.
- Gil-Pérez, D., & Carrascosa, J. (1990). What to Do About Science “Misconceptions”. *Science Education*, 74(5), 531-540.
- Guidoni, P. (2004). Re-Thinking Physics for Teaching: some research problems. In *Research on Physics Education* (pp. 223-277). IOS Press.

- Hadamard, M. J. (1927). *L'oeuvre de Pierre Duhem dans son aspect mathématique*. Mémoires de la société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux, 7 serie, Cuaderno 2.
- Herrmann, F., Job, G., Arias, N., & Schwarze, H. (2022). Conceptos obsoletos en física. Editorial UD (Universidad Distrital).
- Jaki, S. L. (1984). *Uneasy genius: the life and work of Pierre Duhem*. Nijhoff.
- Kragh, H. (2007). *Generaciones cuánticas. Una historia de la física en el siglo XX*. Ediciones Akal S. A.
- Kuhn, T. (1962/2004). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica.
- Lima de Sousa Junior, F., & Pinguelli, L. (2020). A transição da Física Clássica para a Física Moderna segundo Thomas Kuhn. *Revista Scientiarum Historia*, 2, 8. https://doi.org/10.51919/revista_sh.v2i0.109
- Macías, C., Mejía, L. S., & Aguilar, Y. (2015). La experimentación mental en la formación de maestros de ciencias: Una alternativa para la enseñanza de la física moderna en la escuela. *Latin American Journal of Science Education*, 2(1), 1-12.
- Mahmud, M., & Gutiérrez, O. (2010). Estrategia de Enseñanza Basada en el Cambio Conceptual para la Transformación de Ideas Previas en el Aprendizaje de las Ciencias. *Formación Universitaria*, 3(1), 11-20.
- Martin, R. N. D. (1991). *Pierre Duhem: Philosophy and history in the work of a believing physicist*. Open Court Publishing.
- Matthews, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 12(2), 255-277. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4447>
- Maturano, C., & Mazzitelli, C. (2018). Libros de texto de ciencias naturales, de ayer, de hoy y, ¿de siempre? *Revista de Enseñanza de la Física*, 30(1), 49-62.
- Miller, D. G. (1966). Ignored Intellect. Pierre Duhem. *Physics Today*, 19(12), 47-53.

- Paty, M. (1986). *Mach et Duhem: l'épistémologie de savants-philosophe*. Manuscrito, 9(1), 11-49.
- Paty, M. (1997). Critique de la mécanique: Mach. *Dictionnaire du XIX è siècle européen*, 702-703. <https://shs.hal.science/halshs-00171521v1/document>
- Perales, F. J. (1993). La resolución de problemas: una revisión estructurada. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 11(2), 170-17.
- Pérez, S., & Meneses, J. (2020). La competencia científica en las actividades de aprendizaje incluidas en los libros de texto de Ciencias de la Naturaleza. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(2), 1-18. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i2.2101
- Piaget, J., & García, R. (1982). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. Siglo XXI Editores.
- Romero, A. E., Rodríguez, O. L. D., Rincón, J. D., & Medina, J. D. (2002). Los procesos de matematización y la organización de los fenómenos físicos: el caso de los fenómenos mecánicos y térmicos. Análisis conceptuales y elementales para propuestas didácticas (Informe final de investigación. Universidad de Antioquia).
- Rodríguez, L.D., & Ayala, M. M. (1996). La historia de las ciencias y la enseñanza de las ciencias. *Física y cultura: Cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias*, (2), 75-95.
- Rodríguez, O. L. D. (2014a). La cosmovisión de Pierre Duhem. Una perspectiva fenomenológica. *Física y cultura: Cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias*, (8), 105-112.
- Rodríguez, O. L. D. (2014b, 17 al 19 de noviembre). *Historia, Epistemología y Enseñanza de las ciencias: A la luz de la Perspectiva de Pierre Duhem* [Comunicación oral]. III Conferencia Latinoamericana del International, History and Philosophy of Science Teaching Group IHPST-LA. Santiago de Chile, Chile.
- Stoffel, J. F. (2002). *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*. L'Académie Royale de Belgique, Louvain-la-Neuve.
- Thompson, F., & Logue, S. (2006). An exploration of common student misconceptions in science. *International Education Journal*, 7(4), 553-559.