

La hematoxilina, de la sustancia a eje epistémico de las ciencias biológicas

German Isauro Garrido-Fariña^{1*}

1. Laboratorio de apoyo a histología y biología, Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Estado de México.

*** Autor de correspondencia:**

German Isauro Garrido-Fariña

isaurogafa@yahoo.com.mx

RESUMEN

La hematoxilina se ha convertido en un concepto central cosmopolita e incluso arquetípico, de uso ancestral le permitió acompañar a la creación del marco teórico de las ciencias biológicas y soportar las revoluciones científicas. Integrado al trabajo de laboratorio se convirtió en un punto de referencia para la descripción de lo microscópico, de lo normal y enfermo. Evolucionó junto con las ciencias biológicas y paso de simple solución a ser instrumento indispensable y a eje epistémico, permitiendo la organización de conceptos e ideas centrales durante la generación del conocimiento. La hematoxilina forma parte fundamental de la creación del pensamiento simbólico imaginativo de la histología, permite evidenciar físicamente la realidad mediante la tinción y mediante el ejercicio dialéctico, edificar la descripción ontológica en donde se han basado la mayoría de las teorías morfológicas. La tinción con hematoxilina es la piedra angular inamovible y confiable del origen de las creencias verdaderas que siguen produciendo nuestro conocimiento morfológico.

Palabras clave: Conocimiento, Eje epistémico, Hematoxilina.

ABSTRACT

Hematoxylin has become a central cosmopolitan and even archetypal concept. Its ancestral use has allowed it to accompany the creation of the theoretical framework of biological sciences and resisted scientific revolutions. Integrated into laboratory work, it became a point of reference for the description of the microscopic, the normal and the illness. It evolved along with biological sciences and went from being a simple solution to being an indispensable instrument and epistemic axis, allowing the organization of central concepts and ideas during the generation of knowledge. Hematoxylin is a fundamental part of the creation of imaginative symbolic thought in histology, it allows the physical evidence of reality through staining and, through dialectical exercise, to build the ontological description on which most morphological theories have been based. Staining with hematoxylin is the immovable and reliable cornerstone of the origin of true beliefs that continue to produce our morphological knowledge.

Key words: Epistemic axis, Hematoxylin, Knowledge.

La verdad, en combinación con una fuente fiable de verdad, no puede explicar el valor del conocimiento.

Linda Zagzebski (2011).

INTRODUCCIÓN

La hematoxilina es un concepto arquetípico universal, que a lo largo de su historia se ha integrado al inconsciente colectivo científico, siendo parte importante dentro de cada uno de los contextos en que se le ha podido ubicar.

Es el extracto colorante obtenido del árbol *Haematoxylum campechianum* (Linneo, 1753), (*Caesalpina* (latin), palo de Campeche, palo de tinte, *bloodwoodtree*), pertenece a la familia Fabaceae, leguminosas. Hay que evitar confundirlo con su pariente suramericano el palo de Brasil. Los árboles se cosechan después de 11 años de cultivo y los troncos de al menos 3 pies de diámetro se exportan para su procesamiento final (Cooksey, 2010).

Originario de la vertiente del golfo de México, fue llevado y cultivado en múltiples lugares como: las Indias orientales, Brasil, India, Gana, Madagascar, Jamaica, Honduras y Haití, el origen de Belice tristemente fueron campamentos creados para procesar la madera de este árbol y ser enviada en forma de virutas a Inglaterra (Titford, 2005; Kunkel, 2018).

Aunque se les concede el descubrimiento a conquistadores españoles en 1502, lo cierto es que formó parte de rituales ancestrales de la cultura Maya mexicana (Titford, 2005), en donde sus capacidades colorantes y cualidades farmacológicas (Cooksey, 2010), lo convirtieron en un recurso natural muy valioso, siendo objeto de comercio, trueque, piratería e incluso enfrentamientos armados posteriores, como la guerra anglo-española de la madera o *Logwood war* (Orchard, 2018).

La hematoxilina ha tenido aplicaciones muy diversas a lo largo de su historia, por ejemplo: los uniformes del ejército de los estados unidos, durante la guerra civil y en las dos guerras mundiales, que fueron teñidos con hematoxilina, ya que la fabricación y comercio de los colorantes sintéticos derivados de la anilina estaba dominada por la industria alemana. Como tinta para escritura, se le uso como un astringente suave para el tratamiento de la diarrea, diarrea crónica y disentería, desde la tradición Maya hasta bien entrado el siglo XVIII. Todavía a finales del siglo XIX y principios del XX el reino unido importaba alrededor de 50,000 toneladas anuales de madera para tinte de Campeche, Honduras, Santo Domingo y Jamaica, para diferentes aplicaciones (Orchard, 2018).

INTRODUCCIÓN EN LAS CIENCIAS BIOLÓGICAS

En 1665, Hooke dentro de su gran cantidad de trabajos, usó hematoxilina y cochinilla para colorear pelo y lana, así provocó que iniciara el interés sobre la estructura química de los colorantes naturales. Aunque solo explicó la coloración como "baños de colorante y colores obtenidos" esto fue de suficiente interés para una industria textil que tenía una "paleta" de colores muy reducida y de costos más elevados (Kunkel, 2018).

Poco tiempo después en 1758, Reichel, aplico una solución sin mordentar para colorear tejido vegetal y observar al microscopio, aunque sus resultados no fueron tan significativos desde el punto de vista morfológico, se vislumbraba una aplicación para casi cualquier tejido (Cook, 1997).

Entre otros muchos trabajos, Michel-Eugène Chevreuil (1786-1889) aisló en 1810 el compuesto, lo que le permitió establecer la formula centesimal y peso molecular de la hematoxilina (Allison, 1999).

Y no es hasta 1863 que Heinrich Wilhelm Gottfried Waldeyer emplea en un "baño" de hematoxilina para teñir tejido animal, particularmente tejidos provenientes de necropsias (von Waldeyer, 1863).

Poco después Franz Böhmer introdujo en 1865 su fórmula adicionada con alumbre de potasio como mordente y mediante un solo baño de tinción, permitió una singular especificidad en la coloración nuclear. Paul Ehrlich en 1886, agrega un poco de ácido acético a la solución colorante, aumentando la especificidad por otras proteínas ácidas no nucleares (Cook, 1997), aparte de permitir un contraste adecuado al aplicar por primera vez coloraciones de contraste con las anilinas recientemente producidas para tinción biológica y de diagnóstico (van den Tweel & Taylor, 2010).

Y en 1891 Mayer demuestra que el ingrediente activo de la tinción, la hemateína, es producto de la oxidación de la hematoxilina (Cook, 1997).

Si bien para este entonces ya se habían propuesto y probado una buena cantidad de “fórmulas” para teñir con hematoxilina, solo es hasta 1900 que Harris (Harris, 1900) propone la fórmula que por su preparación simple y principalmente producir coloraciones homogéneas durante su largo periodo de vida útil, permitiría la homologación de la técnica de hematoxilina-eosina (H-E), y siendo la fórmula que ha permitido teñir millones de preparaciones al rededor del mundo. Este evento quizá es el origen del concepto arquetípico y el que fortaleció el eje epistémico creado sobre la aplicación de una tinción nuclear inmutable.

A la fecha, podemos encontrar más de 60 fórmulas: Erlich, Weigert, Delafield, Hansen, Mayer y Harris; algunas menos conocidas, Macallum 1897, Boyce y Herman 1898, Mallory 1938 y Pizzolato & Lillie 1967 (Garrido-Fariña *et al.*, 2005).

Lo que confirma que una idea central robusta aplicada de la forma adecuada puede transformarse de un objeto-herramienta utilitario a un objeto epistémico (Garrido-Fariña, 2024). Para completar la construcción de la idea central y arquetípica “hematoxilina-eosina”, Dreschfeld y Fischer en 1870, aplican como colorante de contraste, a la eosina. Pero la combinación actual se les debe atribuir a Wissowzky 1875, Reynaud 1876 y Busch en 1876-78, que de forma independiente la fueron publicando (van den Tweel & Taylor, 2010).

Aunque algunos autores podrían proponer técnicas y procesos, principalmente moleculares (Orchard, 2018), para recurrir cada vez menos al diagnóstico histopatológico basado en la lectura de una preparación permanente, las sutilezas que nos permite observar la tinción de hematoxilina-Eosina siguen siendo el eje en donde se origina el diagnóstico y mucha información para los primeros estadios en investigaciones que recurren al apoyo morfológico.

Aunque se ha tratado de crear un sustituto artificial para la hemateína, no se ha tenido mucho éxito (Orchard, 2018), sin embargo, existen algunos colorantes que se pueden emplear para teñir de forma genérica el núcleo celular y algunas otras estructuras, pero nunca con la definición de las mezclas colorantes que contienen hematoxilina.

HEMATOXILINA EN LA EPISTEMOLOGÍA DE LA HISTOLOGÍA

La hematoxilina no es una teoría para solucionar problemas, es una solución para una gran variedad de teorías. Así como no existe una realidad independiente del discurso (Soto Kiewit, 2020), es muy difícil encontrar a lo largo de la historia de la microtecnia, descripciones, relatos, conjetura y teorías que no tengan a la hematoxilina teñiendo al núcleo como protagonista de la construcción de una nueva realidad. Desde el punto de vista Hegeliano (Parra, 2021), la aplicación de la hematoxilina ayudo a que la construcción lógica de los argumentos en histología fuera válida, pero sobre todo y sin lugar a ninguna

duda, de lo verdadero de las proposiciones que pueden ser observadas. Entonces en la lógica Hegeliana el pensamiento puede producir afirmaciones verdaderas sin la necesidad de ser aplicadas a algún objeto particular. De esta forma el proceso de tinción con hematoxilina se convierte en una proposición verdadera con un resultado conocido, válido y verdadero.

Esto es, cualquiera que solicite al laboratorio una tinción H-E sabe de cierto que el contenido nuclear y algunas proteínas ácidas del citoplasma, serán evidenciadas por cualquier fórmula colorante que contenga hematoxilina, sin la necesidad de ningún control positivo o alguna otra prueba de la veracidad del proceso. Será un proceso de imaginación razonada aplicado en un proceso conocido, el de tinción, dentro de varios escenarios posibles desconocidos, el diagnóstico.

El patólogo tiene claro que la tinción con hematoxilina provoca imágenes que se convierten en proposiciones físicas de lo que se ha teñido, las cuales se expresan como proposiciones escritas al redactar su diagnóstico morfológico.

Como en la filosofía hegeliana, “la realidad no existe toda al mismo tiempo” (Garrido-Fariña, 2023), del mismo modo el proceso del diagnóstico se desarrolla, crece y se desenvuelve, el histólogo va desarrollando mediante la imaginación razonada el desplazamiento de los razonamientos e ideas anteriores, dándoles orden e integrándolos en un continuo dialéctico construido como representación simbólica de la realidad posible y verdadera exclusiva de su paciente.

EJE EPISTÉMICO

Eje, proviene de la raíz latina *axis* y esta a su vez de la raíz indoeuropea *axle*, tiene como significado la separación de algo por un lugar, punto o eje determinado, por algún tipo de acuerdo o de forma arbitraria. En inglés le puede dar significado de acuerdo con la organización, “a main line of direction, motion, growth or extensión” (Merriam-Webster, n.d.), y el significado que nos interesa, el más pragmático de la RAE: “idea fundamental en un raciocinio” (Real Academia Española, 2024) esta definición ya nos permite entenderlo como el “nodo” u “origen” como la semilla de la cual se originará tanto la raíz como el tronco y las ramas. O como en anatomía el “axis” la vertebra sobre la cual gira nuestro cráneo y literalmente todos nuestros pensamientos.

El término “eje epistémico” no se ha usado como un concepto estándar en filosofía o epistemología (Chandrasekaran *et al.*, 2021). Sin embargo, se puede emplear como una forma metafórica-conceptual para organizar tanto a los conceptos e ideas centrales, como a los objetos e instrumentos epistémicos implicados en el estudio de la generación del conocimiento.

En esta construcción meta-epistémica, los componentes de un eje epistémico pueden ser una medida muy adecuada para ponderar la complejidad del sistema que se quiere definir, en este caso la hematoxilina se ha transformado de una solución química a un instrumento indispensable en los laboratorios, y este instrumento epistémico, es el origen del eje epistémico alrededor del cual se ha creado mucho del conocimiento en las ciencias biológicas.

Chandrasekaran y colaboradores (2021) propone algunos principios y conceptos centrales como componentes iniciales de un eje epistémico: Justificación, Escepticismo, Fuentes de conocimiento, Virtudes epistémicas, Contextualismo y Verdad. Al explorar cada una de ellas es posible iniciar la explicación de como la hematoxilina se ha convertido en un objeto y eje epistémico para las ciencias biológicas en general y para la histología en particular.

La justificación, permite valorar y distinguir las creencias y procesos razonados de las simples conjeturas u opiniones (Chandrasekaran *et al.*, 2021), estas ideas creadas no son inamovibles, no agotan la realidad que representan y evolucionan perpetuamente (Carvajal Villaplana, 2002). Las técnicas de tinción evolucionan tanto en la calidad de sus componentes, como en sus aplicaciones y reconsideraciones de la realidad dentro de la muestra dentro de la cual se evidencia lo que el investigador busca. La coloración permite ver lo invisible a simple vista, evidencia la realidad que contiene una muestra, pero la tinción por sí misma no hace más que reflejar un solo instante del individuo o modelo biológico al que perteneció, al tener un núcleo “teñido” podemos tener como origen de la descripción histológica la capacidad para hacerlo evidente y entenderlo como origen del proceso biológico y contenedor de la memoria genética, en la enfermedad el núcleo se configura como principio del fin, es lo primero que los primeros patólogos reconocían como “daño” el núcleo teñido de forma sistemática y homogénea, permitió crear criterios para valorar salud y enfermedad y procesos para mediante comparación sistemática hacer evidente sin lugar a dudas las condiciones del núcleo celular.

La seguridad de obtener siempre una tinción homogénea y reproducible permitió pensar en otras cosas, a través del escepticismo materialista y científico (Sanguineti, 2021), que irremediamente madura durante el entrenamiento del patólogo, provoca una gran cantidad de preguntas ya que no todo lo que se ve es cierto, ¿qué es artefacto?, ¿qué es autólisis?, ¿lo que se observa pertenece a la entidad que presume y por la cual se vio obligado a obtener una muestra?, ¿lo que veo en realidad es verdadero? La duda, a través del escepticismo no fanático, quizá es equilibrado por la duda razonable y por la imaginación razonada, en la construcción de la teoría es un sistema con múltiples configuraciones conceptuales (Carvajal Villaplana, 2002) y las ideas que se originan, el escéptico las emplea para crear una gran cantidad de escenarios posibles, lo que le permite delimitar sus conjeturas de una forma más robusta para de esta forma definir un diagnóstico con todas las incertidumbres razonablemente resueltas. La tinción nuclear con hematoxilina es entonces uno de los elementos interdependientes de este sistema, pero con escasa variación, haciéndola piedra de toque del proceso completo y su progreso continuo.

El origen de lo que sabemos y sus fuentes, el marco teórico o la bibliografía en cualquier escrito, sin muchos problemas podemos hacer un seguimiento hasta el origen de algún autor, concepto o técnica, si lo analizamos desde otro punto de vista, la hematoxilina ha acompañado a la fuente del conocimiento, fue parte de la creación del origen como descripción y como modelo. Ha contribuido tanto al desarrollo del arquetipo “técnica de tinción” que difícilmente preguntamos al recibir una laminilla, con que se tiñó. Y es en la tinción general con H-E nos apoyamos para hacer tinciones más específicas de acuerdo con lo que nos permite ver e imaginar el primer vistazo microscópico a la pieza. Es el origen del conocimiento inicial de nuestra laminilla y a partir de él se fundamenta el edificio del diagnóstico, sin importar que técnicas o metodología de punta se apliquen posteriormente.

Virtudes epistémicas: este principio se centra en las cualidades que hacen a un buen conocedor, como la apertura de mente, la humildad intelectual y la diligencia en la búsqueda de la verdad (Chandrasekaran *et al.*, 2021).

Son la base del pensamiento reflexivo en donde según Dwey se requiere de habilidades y actitudes, principalmente: imparcialidad y apertura a las ideas ajenas (Zagzebski, 2011), humildad intelectual (Chandrasekaran *et al.*, 2021) y perseverancia y determinación para conformar la valentía epistémica (Zagzebski, 2011), que en conjunto conducen a todas las virtudes epistémicas hacia el conocimiento

razonable (Sanguineti, 2021). Estas tres condiciones han permitido el avance del conocimiento humano, son ejes que permiten aceptar, conocer y destruir paradigmas. Para quien ha tenido la fortuna de trabajar en un laboratorio, se ha dado cuenta que la humildad para aceptar que una técnica caprichosa solo se puede estandarizar, recurriendo a la experiencia, bibliografía diversa y gran perseverancia y determinación. En este caos controlado se tienen algunos puntos de referencia inquebrantables, la coloración nuclear, por ejemplo.

Contextualismo: la argumentación sobre cómo el contexto en el que se hace una afirmación de conocimiento puede afectar su validez (Chandrasekaran et al., 2021). Quizá la mejor explicación de como el contexto puede hacer que la ciencia sea modificada mediante revoluciones de sus comunidades de científicos la propone Kuhn (1971), en donde muchos factores, histórico, técnico, relaciones interpersonales, alterarán el resultado, entendiendo como resultado la modificación del supuesto de verdad que se ha puesto en conflicto. Eventualmente la cloración del núcleo y particularmente la realizada con la hematoxilina y sus variantes formó parte de esta “revolución del color” que poco a poco fue internándose en los laboratorios de todo el mundo. El acercamiento a la historiografía de las ciencias biológicas nos permite entender el devenir y transcurso de los elementos que conforman a la histotecnología (Garrido-Fariña & López-Pérez, 2023) y como se relaciona con la histología, como el binomio técnica-teoría se convierte y transforma mediante un proceso dialéctico de la imaginación razonada (Garrido-Fariña, 2023).

Verdad: como explica Sosa, es el valor epistémico fundamental (Sosa, 2011). Esto implica comprender cómo la verdad se relaciona con el conocimiento (Chandrasekaran et al., 2021). En epistemología, como en las ciencias biológicas, es un proceso por el que tratamos de descubrir como entramos en contacto con la verdad, pero principalmente cómo lo logramos (Sosa, 2011), mediante el razonamiento simbólico imaginativo (Garrido-Fariña et al., 2020) creamos un vínculo entre la realidad que se nos presenta en forma de objeto epistémico, la laminilla, y la verdad que se advierte durante la concepción del diagnóstico integrado del paciente.

En biología, el concepto de "ejes biológicos" se puede utilizar para describir diversas dimensiones o marcos para comprender sistemas biológicos complejos, por ejemplo: Eje espacial, Eje temporal, Eje de componentes y Eje funcional. Estos ejes ayudan a los científicos a categorizar y estudiar la gran complejidad de los sistemas biológicos, permitiendo la fragmentación en dimensiones más manejables (Chandrasekaran et al., 2021).

Un eje fundamental epistemológico es el estudio de la relación sujeto-objeto, y ayuda a profundizar en el conocimiento de estas variables influyendo en la construcción de la realidad que percibe el observador y por lo tanto en la producción del conocimiento (Mendoza de Carmona, 2018). Hacer evidente la estructura microscópica permite entonces crear una representación del “sujeto-objeto” laminilla-paciente, aunque es bien sabido que existen variables en las realidades posibles no evidentes de la muestra, hasta que es teñida, y el patólogo empieza la construcción de una realidad que solo pertenece a ese sujeto-paciente y a ese objeto-laminilla, teniendo claro y en ocasiones de forma inconsciente la estabilidad continuidad que le da una tinción, H-E perfectamente reproducible, que permite resultados mensurables y ponderables. Es este cuerpo epistémico de teorías y conceptos validados por una comunidad científica (Mendoza de Carmona, 2018), que marcó el inicio de la interrelación de teoría-técnicas-instrumentos, para conferir

objetividad y validez al conocimiento creado a partir de la relación enfermedad-salud vislumbrada mediante una tinción tan simple como H-E.

Mediante un eje epistémico o epistemológico se abren las puertas para descubrir los diferentes saberes de una ciencia, es el nodo en que se origina la construcción de diferentes posibilidades y realidades a partir de un marco compartido por la naturaleza y las concepciones ontológicas que se pueden tener de ella.

Existen ejes epistémicos que imperecederos ya que no responden a ejes cognitivos de nuevas filosofías de la ciencia o a las crisis de las diferentes visiones de la ciencia (Eschenhagen, 2017). Al contrario de algunas posiciones extremas de nuevas filosofías de la ciencia como el falsacionismo de Popper y el anarquismo de Feyerabend (Eschenhagen, 2017), sin embargo algunos constructos epistémicos resisten el embate de enfoques cognoscitivos que todavía se encuentran en la construcción de su paradigma, esto permite que algunos ejes epistémicos sean tan robustos que permiten mediante un lenguaje común la comunicación, creación de acuerdos y principalmente evidenciar los desacuerdos entre dos o más pensamientos o posiciones disímbricas, para encontrar una resolución que sea coherente al normalizar tanto sus marcos teóricos como epistémicos, desde diferentes niveles de complejidad (Garrido-Fariña, 2022).

La hematoxilina es ya, parte del lenguaje semiótico científico de las ciencias biológicas (Garrido-Fariña et al., 2020), representa tanto en su proposición material o física como en la construcción metafísica y ontológica que permite, desde lo más simple, la descripción de un tejido normal para explicar la función relacionada con la forma, hasta lo más complejo, la referencia morfológica para el diagnóstico que permite ubicar las estructuras positivas mediante hibridación *in situ*.

La hematoxilina nos ha permitido desarrollar las competencias o aptitudes y condiciones (Sosa, 2011), para evidenciar lo que es real en la muestra que estamos observando, desde que se le otorgó la condición de acto real y verdadero, nos ha permitido a lo largo de su aplicación, tener siempre la certeza de crear una propuesta segura de acuerdo a lo que observamos, pero también nos da la tranquilidad de que como confiamos en lo “inamovible” de la tinción, podemos proponer una creencia apta, un diagnóstico morfo patológico, puesto que el observador ha sido calificado con anterioridad como apto para crear una explicación de por qué está en lo correcto, de acuerdo con lo que fue teñido, lo que representa en el equilibrio salud-enfermedad y cuanto se acerca su diagnóstico a lo real y verdadero que sucede dentro del paciente.

El que ha estudiado biología a lo largo de la historia, como filósofo natural, naturalista, científico o como biólogo molecular, tiene una motivación clara y plena, tiene un impulso o motivo epistémico (Fricker, 2011), que lo llevó a adquirir mediante el estudio de su ciencia, una creencia, la creencia de lo verdadero, mediante la construcción de su propio conocimiento, sin considerar la relación con los valores o virtudes epistémicas. Esta fractura entre la ciencia y la filosofía ha provocado daños reparables, en tanto hagamos conciencia de la existencia de los ejes que organizan nuestro entorno ontológico y epistémico.

La observación de lo teñido abrió el camino para las siguientes preguntas y sus explicaciones, mediante creencias verdaderas obtenidas durante el proceso rutinario ejecutado por cualquier estudiante de pregrado: toma de muestra, fijación, procesamiento, tinción y observación para escribir un resultado. Ciertamente es que este proceso está basado en el conocimiento que el ejecutor adquirió de maestros y libros, pero se ve inmediatamente validado por el sencillo hecho de la tinción.

Zagzebski (2011) propone que “el conocimiento es una creencia verdadera que es el resultado de facultades o procesos fiables de formación de creencias” la tinción es la piedra angular en los procesos

para la formación de creencias verdaderas que acumulamos como conocimiento. Así, la hematoxilina como la fuente que con valor positivo obsequia fiabilidad al producto.

La hematoxilina ha servido como eje epistémico, emplea los componentes de un eje epistémico: Justificación, Escepticismo, Fuentes de conocimiento, Virtudes epistémicas, Contextualismo y Verdad. Pero fundamentalmente ha permitido que el conocimiento deje de ser abstracto, nos permite ver y replicar lo que es un conocimiento que se hace más robusto en tanto se puede corroborar la creencia verdadera que lo creó en un principio. El conocimiento anatómico explicó la forma de lo físico, la fisiología la actividad en lo metafísico, pero la histología propuso una conexión entre las dos entidades, le dio explicación mediante la reflexión en la tinción: a la observación microscópica, a la unidad formadora y funcional, la célula.

REFERENCIAS

- Allison, R. T. (1999). Origins, Haematoxylin—from the Wood. *J Clin Pathol*, 52, 527–528.
- Carvajal Villaplana, Á. (2002). Teorías y modelos: formas de representación de la realidad. *Comunicación*, 12(1), 1–14.
- Chandrasekaran, S., Danos, N., George, U. Z., Han, J. P., Quon, G., Muller, R., ... & Wolgemuth, C. (2021). The axes of life: A roadmap for understanding dynamic multiscale systems. *Integrative and Comparative Biology*, 61(6), 2011–2019. <https://doi.org/10.1093/icb/icab114>
- Cook, H. C. (1997). Origins of tinctorial methods in histology. *Clinical Pathology*, 50, 716–720.
- Cooksey, C. (2010). Hematoxylin and related compounds—an annotated bibliography concerning their origin, properties, chemistry, and certain applications. *Biotech Histochem*, 85(1), 65–82. <https://doi.org/10.3109/10520290903048418>
- Eschenhagen, M. L. (2017). Tres ejes de diálogo epistemológico para aproximarse a una interpretación de la relación ser humano-naturaleza. *Revista Austral de Ciencias Sociales*, 32, 185–205.
- Fricker, M. (2011). El valor del conocimiento y la prueba del tiempo. En M. M. Valdés & M. A. Fernández (Eds.), *Normas, virtudes y valores epistémicos: ensayos de epistemología contemporánea* (pp. 83–104). UNAM, Instituto de Investigaciones Filosóficas.
- Garrido-Fariña, G. I. (2022). Niveles y redes de complejidad como aproximación al estudio de la epistemología de las ciencias biológicas. *Elementos*, 127, 3–8. Recuperado de https://elementos.buap.mx/num_single.php?num=127
- Garrido-Fariña, G. I. (2023). *Epistemología de la histología: Una aproximación ontológica y epistémica*. Editorial Académica Española. ISBN-13: 978-6202120425
- Garrido-Fariña, G. I. (2024). La preparación histológica, del objeto material, a la herramienta epistémica, al modelaje epistémico. *Revista Panamericana de Morfología*, 1(4), 9–17.
- Garrido-Fariña, G. I., & López-Pérez, V. M. (2023). La historia integral de la histología y microtecnia, como herramienta epistémica para las ciencias biológicas. En D. R. J. de Freitas (Ed.), *Principais temas da pesquisa em ciencias biológicas* (pp. 57–68). Atena Editora. <https://doi.org/10.22533/at.ed.932232103>
- Garrido-Fariña, G. I., Cornejo-Cortes, M. A., Cortes-Ortiz, T., Escalada-Solís, P., & Piña-Vázquez, C. (2005). *Manual para aplicaciones de hematoxilina en ciencias biológicas*. F.E.S. Cuautitlán, UNAM, México.
- Garrido-Fariña, G. I., García Tovar, C. G., Soto Zárate, C. I., Oliver González, M. R., & Rodríguez-Salazar, L. (2020). Epistemología de la imaginación y el razonamiento simbólico imaginativo en histología y microtecnia. *Latin American Journal of Science Education*, 7, 22006.
- Harris, H. F. (1900). On the rapid conversion of haematoxylin into haematein in staining reactions. *J. Appl. Microsc*, 3, 777–780.
- Kuhn, T. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica.
- Kunkel, R. (2018). Logwood - A History of Palettes, Pirates, and Pathology. Recuperado de <https://www.pathology.med.umich.edu/news/574>

- Mendoza de Carmona, Y. (2018). La Epistemología Crítica: Un Enfoque para la Construcción del Pensamiento Gerencial Emergente. *Sapientia Organizacional*, 5(10), 143–165.
- Merriam-Webster. (n.d.). Axis. En *Merriam-Webster.com Dictionary*. Recuperado el 28 de noviembre de 2024, de <https://www.merriam-webster.com/dictionary/axis>
- Orchard, G. E. (2018). Haematoxylin – the story of the blues. *British Journal of Biomedical Science*. <https://doi.org/10.1080/09674845.2018.1439430>
- Parra, A. F. (2021). Acerca del carácter metafísico de la Lógica de Hegel. *Ideas y Valores*, 70(175), 139–161.
- Real Academia Española. (2024). *Diccionario de la lengua española* (23.ª ed.). Recuperado el 28 de noviembre de 2024, de <https://dle.rae.es>
- Sanguineti, J. J. (2021). El conocimiento razonable: una virtud epistémica. *Sapientia*, 77(250), 123–140.
- Sosa, E. (2011). Normatividad epistémica. En M. M. Valdés & M. A. Fernández (Eds.), *Normas, virtudes y valores epistémicos: ensayos de epistemología contemporánea* (pp. 129–146). UNAM, Instituto de Investigaciones Filosóficas.
- Soto Kiewit, L. D. (2020). Las concepciones ontológicas como punto de acceso a las ciencias sociales y sus diversas perspectivas metodológicas. *Revista ABRA*, 40(61), 33–61. <https://doi.org/10.15359/abra.40-61.2>
- Titford, M. (2005). The long history of hematoxylin. *Biotechnic & Histochemistry*, 80(2), 73–78.
- van den Tweel, J. G., & Taylor, C. R. (2010). A brief history of pathology: Preface to a forthcoming series that highlights milestones in the evolution of pathology as a discipline. *Virchows Arch*, 457, 3–10. <https://doi.org/10.1007/s00428-010-0934-4>
- von Waldeyer, W. (1863). Untersuchungen über den Ursprung und den Verlauf des Axencylinders bei Wirbellosen und Wirbelthieren sowie über dessen Endverhalten in der quergestreiften Muskelfaser. *Henle Pfeifer's Z. Rat. Med*, 20, 193–256.
- Zagzebski, L. (2011). La naturaleza y los componentes de las virtudes intelectuales. En M. M. Valdés & M. A. Fernández (Eds.), *Normas, virtudes y valores epistémicos: ensayos de epistemología contemporánea* (pp. 105–128). UNAM, Instituto de Investigaciones Filosóficas.