Pre•Impresos Estudiantes 23

Facultad de Ciencia y Tecnología - 2023-I • ISSN-E: 2323-0193 - ISSN 2539-0945

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL
Educadora de educadores

Pre·Impresos 23
Estudiantes

Adolfo León Atehortúa Cruz
Rector (e)

Yeimy Cárdenas Palermo
Vicerrectora académica

Mireya González Lara
Vicerrectora de Gestión Universitaria

Fernando Méndez Díaz
Vicerrector administrativo y financiero

Gina Paola Zambrano Ramírez
Secretaria general

Equipo Editorial

Liliana Tarazona Vargas
Doctora en Investigaciones Educativas. Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados. Instituto Politécnico Nacional de México.
ltarazonav@pedagogica.edu.co

Carlos Augusto Rodríguez Martínez
Doctorado en Patrimonio. Universidades de Extremadura, Córdoba, Huelva y Jaén. España. carodriguez@pedagogica.edu.co

Juan Carlos Bustos Gómez
Editor en jefe, Revista
Magíster en Educación.
Universidad Pedagógica Nacional
jcbustos@pedagogica.edu.co

© Universidad Pedagógica Nacional
© David Alejandro Carvajal Santamaría
© Diego Alejandro Alonso Montenegro
© David Mateo Carreño Quintero
© Laura Valentina Villabon Sierra
© Anhuar Stey Duran Mendoza
© Harol Esteban Rodríguez Delgado
© Daniel Enrique Niño
© Brayan Steven Rodriguez
© Laura Valentina Moreno Sánchez
© Angie Alejandra Olarte Vargas
© Luz Andrea Romero Fajardo
© Nicole Stefania Rincón Piravaguen
© Oscar Vladimir Muñoz Rodríguez

Portada
Carlos Augusto Rodríguez Martínez. Fotomontaje "Entre la lectura y la represión",fotografías análogas en blanco y negro (Ilford FP4, asa 125).

ISSN-E: 2323-0193
ISSN: 2539-0945

Editorial 3
Juan Carlos Bustos Gómez

Desvelando el enigma de la enfermedad de Alzheimer: las proteínas y su influencia en las funciones cognitivas 6
Johan Camilo Pinzón-León

Interacción térmica: un encuentro entre la Biología y la Física 11
Pedro Alejandro Mora-Gómez

El Telar Del Universo Invisible: de Paul Dirac hasta Richard Feynman 22
Juan Estevan Salamanca-Quintana

Reflexiones para la enseñanza de las ciencias: perspectivas sobre las relaciones entre ciencia-política y ciencia-religión 34
Paula Alejandra Cardona-Torres

Primeras letras 39
Laura Daniela Barragán Navarro

La vida después de la guerra 39
Laura Daniela Barragán-Navarro

En un lugar sin límites, metaforizaciones del silencio 41
Camila Andrea Parra-Hernández

Acerca de la serie Pre-impresos 44

Diseño y preparación editorial
Universidad Pedagógica Nacional
Grupo Interno de Trabajo Editorial, 2024

Alba Lucía Bernal Cerquera
Coordinadora, Grupo Interno de Trabajo Editorial

Mariel Loaiza Villalba
Isabella Rendón
Editoras de Revistas

Paula Andrea Cubillos Gómez
Diagramación

Bogotá, Colombia

Información:
pre_impresos@pedagogica.edu.co
Facultad de Ciencia y Tecnología
Teléfonos: (57) (1) 3471190 / 5941894 Ext. 242

Editorial

El papel de la escritura en la formación de maestros de ciencias

Juan Carlos Bustos Gómez

El potencial comunicativo (dialógico) del lenguaje le asigna un papel central en la vida humana. En este marco, la posibilidad de conocer y comprender el mundo involucra el desarrollo de habilidades lingüísticas, tanto orales como escritas, en la relación con otros, es decir, de forma comunicativa. Como hablantes nativos de nuestra lengua materna, constatamos que la pericia en su uso tiene una motivación fundamentalmente comunicativa, es decir, la interacción social es el motor que nos impulsa a desarrollar la competencia lingüística. De forma análoga, la interlocución con los miembros de la comunidad académica constituye un poderoso incentivo para mejorar la habilidad escritural, impulsados por la exigencia de lograr que nuestro discurso resulte igualmente inteligible para los demás miembros de la comunidad interpretativa a los que nos dirigimos.

El lenguaje, en general, y la escritura, en particular, se caracterizan por poseer una dimensión social y un carácter epistémico. La vocación comunicativa de la escritura la convierte en una práctica generativa que produce como resultado un discurso significativo, para un contexto de significación acotada. En esta medida, la escritura dista mucho de ser una labor ensimismada y desconectada de su audiencia potencial; más bien puede ser considerada como un diálogo entre el autor y sus lectores ideales. Escribir involucra la toma de decisiones previas, como la elección de un público y la definición de un propósito para el texto, que tienen consecuencias sobre el proceso escritural y el documento final, pues implican la reelaboración del discurso escrito, para adecuarlo a sus destinatarios y propósitos proyectados.

En cuanto práctica asociada a procesos de pensamiento que invitan a la reflexión, escribir incentiva la exploración intelectual, estimula la formulación de nuevas preguntas y favorece el intercambio de ideas y, por tanto, la interlocución. El lenguaje escrito plantea la exigencia de la inteligibilidad y, en esta medida, exige concentrar la atención en actividades que integran aspectos de orden cognitivo y lingüístico. En términos de la relación forma contenido, se cuentan: la apropiación de recursos estilísticos y formales para expresar

una idea adecuadamente, la búsqueda de la precisión léxica para describir una situación, un fenómeno o un hecho, el encadenamiento lógico de ideas para construir argumentos, así como, idear y concretar estrategias para organizar nuestros planteamientos.

Por tanto, incorporar la escritura como una actividad recurrente en situaciones significativas del contexto de formación en ciencias naturales debería ser un asunto prioritario. Esto significa usar la escritura para abordar las reflexiones teóricas disciplinares y hacer interlocución con los miembros de las comunidades académicas y, a partir de ahí, con la sociedad en su conjunto. Así, precisar el sentido de un texto disciplinar aporta al desarrollo de habilidades de pensamiento científico, la comprensión de conceptos complejos y la formulación de explicaciones. De manera que, nunca debería considerarse a la escritura como una práctica ajena o marginal de la formación de maestros de ciencias naturales, por el contrario, un dominio experto del lenguaje escrito debería ser un aspecto fundamental de la formación disciplinar.

La escritura de textos y su publicación hacen parte de las prácticas académicas, no obstante, están relegadas a un segundo plano en la formación de maestros de ciencias. Esta situación se debe, en parte, a la dificultad que se deriva de la concepción generalizada de la escritura como un proceso de transmisión de información centrado en los contenidos. Esta idea de lo que significa escribir –con fuerte arraigo en las mentes y las prácticas y basada en un principio de autoridad disciplinaria– no contempla el papel de un interlocutor ni la necesidad de definir una intención comunicativa, como si los contenidos duros y puros de las ciencias naturales no requirieran de mediación discursiva alguna.

En este sentido, la referencia textual no solo es interna, sino fundamentalmente social, es decir, el discurso propio se hace coherente en la relación con otros, porque media la exigencia de la inteligibilidad. Las ideas y los discursos se desarrollan, se reorganizan y reelaboran de forma dialógica, en un proceso de permanente interlocución con las ideas circulantes, en el diálogo con otros autores. La pertenencia a una comunidad académica pasa por conocer los discursos y participar en las discusiones sobre los temas y las perspectivas relevantes en el seno de esa comunidad interpretativa. El proceso de interlocución con los discursos de otros miembros reconocidos de la comunidad académica no solo aporta a construir y fundamentar el propio discurso, sino también a diferenciarse y tomar distancia frente a ciertos autores.

La formación de maestros conlleva la transformación y el cambio a través del diálogo, la reflexión sobre las ideas y los temas propios del quehacer del educador. Actividad que implica un trabajo entre personas que comparten intereses o pueden llegar a compartirlos por la creación conjunta y deliberante de una agenda común. Se construye comunidad en la relación y la conversación, a partir de las relaciones que establecemos, de lo que compartimos. Es decir, el lenguaje tiene una dimensión comunicativa que se evidencia en la capacidad para contribuir a la construcción de un mundo compartido de ideas, conceptos, valores, ideales que nos identifican como miembros de un grupo social determinado, lo que define una forma de hablar, de pensar, de ser.

Desde esta perspectiva, la comunicación escrita no puede concebirse como la mera transmisión de información, sino que se acerca más a la idea de una construcción colectiva en la que el sentido aceptado o válido de las cosas se constituye socialmente. Por tanto, las ideas no se transmiten, se incorporan en los discursos y en las prácticas, como resultado de la transformación de nuestras perspectivas en la interacción y diálogo, la base sobre la que construimos un mundo común que facilita el desarrollo y fortalecimiento de vínculos identitarios.

Sin duda, esto resulta relevante en una Universidad que es educadora de educadores, con mayor razón en el contexto de formación de los futuros maestros de ciencias, quienes asumirán la tarea de incentivar en los nuevos ciudadanos una mayor conciencia sobre el valor del conocimiento científico y tecnológico y su poder transformador en las sociedades humanas. Estos maestros serán los encargados de socializar el conocimiento científico y tecnológico, de propiciar el diálogo entre estos y los saberes que circulan en las comunidades educativas en las que realizan su labor, proceso en el que se cimienta la valoración social de la ciencia.

En consecuencia, el aprendizaje progresivo de la escritura vinculado a los temas y conceptos disciplinares brinda la posibilidad de establecer una relación más personal con la palabra escrita y el conocimiento científico; conlleva la oportunidad de desarrollar rutinas productivas, de apropiar los recursos lingüísticos y estilísticos y de encontrar la voz propia, para expresar ideas y experiencias, en situaciones reales del contexto de formación en las disciplinas. Cultivar el hábito de la escritura en la vida académica invita a reflexionar acerca de lo que implica su ejecución, a aprender a resolver los problemas propios de la composición escrita, a adquirir la destreza en el uso adecuado de las estructuras textuales. Acciones que dan cuenta de una intención comunicativa y que en su conjunto redundan en un esfuerzo por ahondar la comprensión, como parte de un proceso continuo de reelaboración discursiva.

El aprendizaje de la escritura demanda tiempo y trabajo continuo para desarrollar la habilidad, pero sobre todo implica tener el propósito de lograrlo, pues difícilmente se llega a ser habilidoso en algo que no interesa o a lo que poco tiempo dedicamos. En este sentido, la incorporación de la escritura en la etapa de formación de los maestros de ciencias ofrece oportunidades para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las disciplinas científicas. Y aunque este proceso presenta desafíos, estos pueden ser superados, mediante la formación continua, la colaboración interdisciplinaria y la exploración de buenas prácticas en la enseñanza de la escritura académica, con-tribuyendo así al desarrollo de la voz académica de los estudiantes y a mejorar la calidad de la enseñanza de las ciencias (Rey-Castillo y Gómez-Zermeño, 2021).

En esta línea de reflexión, los artículos publicados en esta edición abordan temas que vinculan las dimensiones científicas y sociales, en el ámbito de la formación docente y la enseñanza de las ciencias. Entre ellos se destacan la complejidad y relevancia de la enfermedad del Alzheimer, las interacciones térmicas en sistemas biológicos y físicos, la física moderna, con énfasis en la ecuación de Dirac y las antipartículas, así como las dicotomías entre ciencia-política y ciencia-religión. Los autores resaltan la importancia de una comprensión integral y multidisciplinaria de los fenómenos científicos. Por ello, apuestan por una formación docente que incluye la escritura como una habilidad esencial en la enseñanza de las ciencias, para fomentar el pensamiento crítico y reflexivo en los futuros maestros de ciencias.

Referencias

Rey-Castillo, M. y Gómez-Zermeño, M. G. (2021). Dificultades en la escritura académica de estudiantes de maestría. Revista Electrónica Educare 25 (2): 1-19. https://doi.org/10.15359/ree.25-2.4.

Desvelando el enigma de la enfermedad de Alzheimer: las proteínas y su influencia en las funciones cognitivas

Unraveling the Enigma of Alzheimer's Disease: Proteins and Their Influence on Cognitive Functions

Johan Camilo Pinzón-León*

Cómo citar este artículo:
Pinzón-León, J. C. (2023). Desvelando el enigma de la enfermedad del Alzheimer: las proteínas y su influencia en las funciones cognitivas. *Pre-Impresos Estudiantes,* (23), 6-10.

Resumen

La enfermedad de Alzheimer es una afección neurodegenerativa cuyo origen aún es desconocido. Sin embargo, existen muchos estudios bioquímicos y médicos que han tratado de desvelar las posibles causas que subyacen en el desarrollo de esta enfermedad, con el fin de facilitar su diagnóstico. Los médicos la diagnostican mediante la detección de la acumulación de proteínas en zonas del cerebro que afectan al correcto funcionamiento de las neuronas, a través de una tomografía por emisión de positrones. ¿Existen factores genéticos que influyan en la aparición de esta enfermedad? Este trabajo se orienta hacia la recopilación y análisis de artículos científicos y médicos. Su objetivo es explicar de forma sencilla temáticas químicas y bioquímicas que afectan a la vida cotidiana de las personas, y servir como una guía general sobre cómo se aborda el alzhéimer desde diferentes puntos de vista incluyendo aspectos químicos y bioquímicos, así como sociales, económicos y políticos.

Palabras clave: proteínas; espacio sináptico; enfermedad de Alzheimer; enzimas y aminoácidos

Abstract

Alzheimer's disease is a neurodegenerative condition whose origin is still unknown. However, there are many biochemical and medical studies that have come close to revealing possible causes for the development of this disease and therefore allowing its diagnosis. Doctors diagnose Alzheimer's disease by detecting the accumulation of proteins in areas of the brain that affect the proper functioning of neurons, using positron emission tomography. Are there genetic factors that influence the appearance of this disease? This work is aimed at the compilation and analysis of scientific and medical articles. Its objective is to explain in a simple and attractive way, chemical and biochemical issues that affect people's daily lives and serve as a general

* Estudiante de Licenciatura en Química con interés destacado en Química Analítica, Inorgánica y Bioquímica. Su objetivo como futuro educador es desmitificar la química y hacerla accesible para todos. Además, disfruta del baloncesto, el fútbol y la lectura sobre historia medieval y mitología europea. johancpl13@gmail.com

guide on how Alzheimer's is approached from different points of view including chemical and biochemical aspects, as well as social, economic and political.

Keywords: proteins; synaptic space; Alzheimer's disease; enzymes and amino acids

Introducción

Todas las enfermedades, al igual que el alzhéimer tienen un trasfondo químico y bioquímico, esto debería ser algo comprensible incluso para las personas que no están familiarizadas con el estudio de estas disciplinas. ¿Cuántas personas creen que las proteínas solo están relacionadas con el crecimiento muscular? ¿Los estudiantes comprenden la verdadera importancia de los aminoácidos? ¿Saben que *hormonas* y *enzimas* también son proteínas? Este artículo utiliza el alzhéimer como punto de partida para explorar diversos aspectos de las proteínas, sus funciones, y para destacar la importancia de los aminoácidos, desvinculando así a las proteínas a la creencia imprecisa que las relaciona únicamente con el crecimiento de fibras musculares.

La enfermedad de Alzheimer (EA) implica la gradual disminución de la capacidad cognitiva en las personas. Aunque suele asociarse con la vejez, se ha observado que aproximadamente tres de cada diez personas de 90 años han sido diagnosticadas con esta enfermedad. Además, alrededor del 1 % de la población mundial entre 60 y 70 años también la padece. No necesariamente esta condición se desarrolla a partir de los 60 años. Su origen se encuentra vinculado a factores genéticos, con una relación significativa en los cromosomas 17 y 21. En concreto, el cromosoma 17 está relacionado con la síntesis de la proteína Tau, cuya alteración provoca la acumulación de ovillos neurofibrilares, contribuyendo a los síntomas característicos de la enfermedad. Por otro lado, el cromosoma 21 cumple un papel clave en la producción de la β-amiloide, relacionada con la proteína precursora amiloide. Estas alteraciones genéticas son consideradas factores relevantes en el desarrollo de la EA.

La enfermedad de Alzheimer: desafíos cognitivos y deterioro progresivo

La EA es una afección neurodegenerativa que conlleva desafíos cognitivos relacionados con la gnosis, el lenguaje y la praxis. En las primeras etapas del diagnóstico de la EA, los pacientes suelen experimentar problemas de memoria como el primer síntoma discernible, seguido de un deterioro en alguna de las capacidades cognitivas fundamentales: praxis(la habilidad de ejecutar destrezas adquiridas con maestría), lenguaje (reconocimiento, comprensión y hábil desarrollo de actividades comunicativas inéditas, incluyendo la interpretación de símbolos en lectura y escritura, y la decodificación de intercambios verbales durante conversaciones) o gnosis (la capacidad del cerebro para identificar información previamente adquirida a través de los sentidos). Además, las funciones ejecutivas también se ven afectadas, conforme a las pautas y criterios delineados en el DSM IV-tr (Lanfranco *et al.*, 2012).

Dado su carácter degenerativo, la enfermedad progresa de manera continua, ocasionando un aumento progresivo de afectaciones, entre las cuales se incluyen la pérdida de comprensión del lenguaje y una disminución parcial en la habilidad de asociar y relacionar estímulos con palabras. La desorientación espacial es otra manifestación, lo que implica que los pacientes no logran reconocer ni recordar lugares, ya sea en entornos cerrados como abiertos.

En etapas avanzadas de deterioro, los individuos pueden experimentar la pérdida de las tres funciones cognitivas mencionadas previamente: lenguaje, gnosis y praxis. Adicionalmente, es posible que en esta etapa las personas con EA desarrollen comportamientos agresivos y pierdan la capacidad de controlar impulsos.

Implicación en las neuronas con la placa senil

El péptido de la β-amiloide es un polímero conformado por varios aminoácidos, que se genera de forma natural y cuyo funcionamiento no tendría que ser perjudicial para la salud humana. Cabe recordar que un péptido es una cadena lineal de aminoácidos enlazados por enlaces químicos de tipo amídico, pero si la cadena tiene más de 100 aminoácidos, se considera como proteína. Existen muchas formas de β-amiloide, pero aquella sin implicaciones neurotóxicas es la isoforma compuesta por 40 aminoácidos (Aβ40). La isoforma que tiene implicaciones neurotóxicas es conformada por 42 aminoácidos (Aβ42).

La proteína precursora de amiloide es una cadena de 770 aminoácidos, cuyo punto óptimo de corte se encuentra en el aminoácido número 40, como se mencionó previamente, para lograr ingresar al cerebro y tener funciones biológicas en dicho órgano, lo que da lugar a su denominación como Aβ40 (Tawari, 2019). Este proceso de corte se conoce como una reacción enzimática. Las enzimas son proteínas que facilitan reacciones bioquímicas y son altamente selectivas, lo que significa que la enzima cortará específicamente la cadena de la proteína precursora de amiloide en el aminoácido 40. Pero, en lugar de cortarse en el aminoácido 40, el Aβ42 lo hace en el 42, lo que significa que la molécula es más grande y menos soluble en agua. Recordemos que nuestro cuerpo tiene un alto porcentaje agua para disolver diferentes tipos de moléculas. El Aβ42, debido a su baja polaridad y dificultad para disolverse en agua, se acumula en regiones del cerebro, lo que conduce a la formación de las conocidas placas seniles.

Las neuronas son un tipo de células especiales que están interconectadas y permiten el flujo de información por medio de sinapsis. Existen dos tipos de sinapsis: la química, que se debe a mensajeros químicos normalmente proteínas, y la eléctrica, que hace referencia al flujo de iones entre células. Una neurona posee dos zonas importantes: presináptica y postsináptica. La primera de ellas recibe el mensaje de una neurona, que recorre toda la célula hasta llegar a la zona postsináptica, que a su vez envía el mensaje a la parte presináptica de otra neurona. Entre la zona postsináptica de una neurona, que denominaremos "A", y la zona presináptica de otra neurona, que denominaremos "B", existe un espacio denominado *sináptico*. En este espacio, el mensaje se transmitirá de una neurona a otra, lo que permite la comunicación entre estas células y con otras del cuerpo. El Aβ42, al ser poco soluble en agua y generar placas seniles, afecta los espacios sinápticos, ya que esta placa obstruye el pasó de la información entre neuronas. Esto resulta en la pérdida de habilidades cognitivas como la gnosis, lenguaje y praxis; pérdida que será mayor a medida que aumenta la presencia de placas seniles.

Causas genéticas del alzhéimer familiar

La principal causa del alzhéimer es el envejecimiento. No obstante, está relacionado con factores como los hábitos de vida del paciente, su entorno y las condiciones ambientales en las que desarrolla sus actividades cotidianas, además, la genética representa un papel decisivo en su manifestación en edades tempranas. Puede tener un componente hereditario asociado a mutaciones en los cromosomas 17 y 21, que comparten la función de sintetizar y degradar proteínas a las que se les responsabiliza de generarla.

Mutación cromosómica 21 y la formación de placas seniles

El cromosoma 21 cumple un papel fundamental en la síntesis de la proteína precursora amiloidea, la cual da origen al péptido β-amiloide. Este normalmente debería circular a través de la

membrana plasmática, sin embargo, en ciertos casos, se aglomera en regiones cerebrales, lo que resulta en la formación de placas seniles.

Se ha observado que la mutación en el codón 717 del cromosoma 21 es crucial en la formación de las placas seniles. Esta mutación produce un intercambio de aminoácidos en la proteína precursora amiloidea, especialmente en las posiciones Val-Iso y Val-Fen. En consecuencia, se generan dos variantes de la proteína β-amiloide con menor solubilidad, lo que dificulta el desplazamiento a través de la membrana plasmática. Este proceso resulta en la acumulación de capas de β-amiloide en el cerebro, y culmina en la característica placa senil (Gra Menéndez *et al.*, 2002).

Mutación del cromosoma 17 y la formación de los ovillos fibrilares

La proteína de Tau tiene como una función dar forma a los citoesqueletos de las células, microtúbulos que proporcionan estabilidad celular a los microtúbulos. Se ha evidenciado en pacientes posmortem que esta proteína se encuentra presente en las células de los ovillos neurofibrilares fosforilados, conocidos como filamentos helicoidales apareados. Estos son una mutación en los ovillos y microtúbulos debido a la fosforilación, lo cual es una mutación en el cromosoma 17 de la síntesis de la proteína de Tau (López de Munain, 2014).

Los ovillos fibrilares se encuentran en el citoplasma de las neuronas y su cantidad está directamente relacionada con la gravedad de la demencia. Consisten en acumulaciones de filamentos helicoidales apareados que presentan propiedades distintivas en comparación con los neurofilamentos y microtúbulos normales. Los ovillos anormales que generan la degeneración neurofibrilar tienden a prevalecer en regiones donde la pérdida neuronal es más pronunciada, como el hipocampo y las áreas contiguas al lóbulo temporal, las cuales tienen una importancia crucial de la memoria (Gra Menéndez *et al.*, 2002).

La fosforilación irreversible ocasiona la deformación de los túbulos, lo que impide un transporte eficiente de impulsos eléctricos y nutrientes hacia el cerebro; esto produce daños en las funciones cognitivas relacionadas con el lenguaje, la percepción (gnosis) y la habilidad para ejecutar acciones (praxis).

Consecuencias socioeconómicas del alzhéimer

En cuanto a la dimensión social que viven los pacientes diagnosticados con alzhéimer, cabe resaltar que a menudo se enfrentan a la estigmatización. Sus oportunidades laborales se ven limitadas debido a la dificultad para recordar fechas, lugares o tareas en etapas medianamente avanzadas de la condición. Sin embargo, en etapas tempranas del padecimiento y con una valoración médica adecuada, algunas personas pueden mantener capacidades cognitivas aceptables para efectuar ciertos trabajos.

El alzhéimer también ataca a la autoestima de los pacientes, pues pueden sentir que no son útiles, lo que a menudo conduce a cuadros de depresión, especialmente en casos de alzhéimer familiar. Además, su presencia en edades tempranas o en la familia genera malestar y temor entre sus miembros. Se plantean preguntas como "¿Tengo la mutación genética que produce el alzhéimer de edad temprana?"; preocupación comprensible, ya que estadísticamente, si un padre afectado tiene dos hijos, es probable que al menos uno de ellos presente mutaciones en los genes relacionados con esta enfermedad (Gra Menéndez *et al.*, 2002).

En el 2015, se destinaron alrededor de un trillón de dólares para estudiar las enfermedades neurodegenerativas y de demencia; aproximadamente el 70 % de esta inversión provino

de países europeos y de Norteamérica (Bosch Bayard *et al.*, 2017). La mayoría de estos recursos se dirigen hacia el desarrollo de medicamentos, y en países con fuertes inversiones se respaldan proyectos de investigación enfocados en comprender las causas subyacentes de la enfermedad y en la búsqueda de posibles tratamientos.

Una mirada integral a la enfermedad de Alzheimer

La EA se revela como una afección que puede abordarse desde múltiples perspectivas para su comprensión y manejo. Desde un punto de vista genético y bioquímico, es fundamental adentrarse en los conceptos relacionados con las proteínas y los genes que desempeñan un papel crucial en su desarrollo. Esto nos proporciona una base sólida para entender los procesos biológicos subyacentes en la enfermedad.

No obstante, resulta crucial reconocer que esta dolencia ejerce un impacto considerable en la vida cotidiana tanto de los pacientes como de sus familias. Los pacientes pueden experimentar una disminución progresiva de sus habilidades cognitivas y funcionales, lo que afecta su autonomía y calidad de vida, por lo que, a menudo, los familiares se ven abrumados por la carga emocional y los desafíos de cuidar a alguien con EA.

Además, la EA tiene implicaciones en la sociedad en su conjunto. La asignación de recursos públicos para la investigación, el tratamiento y la atención a personas con EA es relevante, ya que su prevalencia sigue en aumento debido al envejecimiento de la población. La necesidad de lugares de atención especializada y el desarrollo de terapias efectivas para frenar su progresión se convierten en cuestiones apremiantes. Por último, la EA nos recuerda la importancia de una perspectiva integral en la ciencia, la atención médica y la toma de decisiones públicas.

Referencias

Bosch Bayard, R. I., Zayas Llerena, T. y Hernández Ulloa, E. (julio-septiembre de 2017). Algunos determinantes sociales y su impacto en las demencias. *Revista Cubana de Salud Pública*, *43*(3), 1-12. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662017000300012&lng=e

Gra Menéndez, S., Padrón Pérez, N. y Llibre Rodríguez, J. J. (2002). Péptido betaamiloide, proteína Tau y enfermedad de Alzheimer. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, *21*(4), 253-261. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002002000400006&lng=es&tlng=es

Lanfranco, G. R., Manríquez-Navarro, P., Avello G. L. y Canales-Johnson, A. (2012). Evaluación de la enfermedad de Alzheimer en etapa temprana: biomarcadores y pruebas neuropsicológicas. *Revista Médica de Chile*, *140*(9), 1191-1200. http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872012000900014

López de Munain, A. (2014). La enfermedad de Alzheimer genéticamente determinada. En *Enfermedad de Alzheimer y otras demencias* (pp. 243-253). Editorial Médica Panamericana S. A.

Interacción térmica: un encuentro entre la Biología y la Física

Thermal Interaction: A Meeting between Biology and Physics

Pedro Alejandro Mora-Gómez

Cómo citar este artículo:
Mora-Gómez, P. A. (2023). Interacción térmica: un encuentro entre la Biología y la Física. *Pre-Impresos Estudiantes,* (23), 11-21.

Resumen

Las reflexiones que se presentan en este documento surgen del análisis de algunos fenómenos térmicos, físicos y biológicos, en el marco del seminario de *Organización de los Fenómenos Físicos*, de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica Nacional. El objetivo principal de este artículo es la conceptualización de las interacciones térmicas en sistemas biológicos y físicos. Esto se logra desde la exploración de conceptos relacionados, tales como el equilibrio, desequilibrio, direccionalidad, calor, frio, dilatación, contracción y mundo real e ideal. Para el análisis realizado, se utilizó la noción de sistema planteada por Ludwing Von Bertalanffy (1976), quien desarrolla una mirada interdisciplinar que posibilita comprender los sistemas en su totalidad; asimismo, se aborda la forma como Josep Black (1803) entiende el calor y su interacción térmica con los objetos y organismos. Finalmente, se presentan las conclusiones, que surgen de las reflexiones hechas a partir de la experiencia vivida en el seminario, así como el diálogo permanente con las ideas de algunos autores en relación con los fenómenos térmicos.

Palabras clave: fenómenos térmicos; sistema; relaciones físicas; relaciones biológicas

Abstract

The reflections presented in this paper arise from the analysis of some thermal, physical, and biological phenomena within the framework of the seminar on *Organization of Physical Phenomena*, of the Master's Degree in Natural Sciences Teaching of the Universidad Pedagógica Nacional. The main objective of this article is the conceptualization of thermal interactions in biological and physical systems. This is achieved through the exploration of related concepts such as balance, imbalance, directionality, heat, cold, expansion, contraction, as well as the real and ideal world. For the analysis carried out, the notion of a system proposed by Ludwig Von Bertalanffy (1976) was applied, who developed an interdisciplinary perspective that makes it possible to understand systems in their totality; likewise, the way in which Josep Black (1803) understands heat and its thermal interaction with objects and organisms is addressed. Finally, the conclusions are presented, which arise from reflections based on the experience lived in the seminar, as well as the dialogue with the ideas of some authors regarding thermal phenomena.

Keywords: thermal phenomenon; system; physical relationships; biological relationships

* Estudiante de Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales. Licenciado en Biología (2020), Universidad Pedagógica Nacional. Docente de básica primaria y secundaria. Apasionado por la fisiología humana y la Biología Molecular. pamorag@upn.edu.co

Introducción

En el presente documento, comparto algunas reflexiones que surgieron en el marco del espacio académico Organización de los Fenómenos Físicos, de la línea de investigación de la Enseñanza de las Ciencias como actividad de construcción de explicaciones, de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), cuyo objetivo era la recontextualización de saberes, entendiendo esta como una actividad que no privilegia conceptos, leyes, teorías formuladas por científicos, sino que apunta a las elaboraciones de quienes están inmersos en la construcción de un fenómeno. En este marco, tuve la oportunidad de abordar varias discusiones y reflexiones históricas y filosóficas, que me permitieron ampliar la idea de lo *térmico* desde otros puntos de vista, diferentes a lo biológico, debido a que mi formación de pregrado es en este campo del conocimiento.

Por ello, traeré a colación lo térmico desde el punto de vista físico y biológico, a partir de la idea de sistema, según la *teoría general de los sistemas* (TGS) propuesta por Ludwing von Bertalanffy (1976). Esta perspectiva sistémica tiene como objetivo desarrollar una mirada interdisciplinar desde un marco conceptual y metodológico que permita comprender los sistemas en su totalidad, considerándolos como un todo. Para ello, no solo se debe analizar una parte del sistema, sino partir de las condiciones del ambiente y su relación con el contexto de desarrollo y así poder dar cuenta de los fenómenos térmicos de una manera holística.

La teoría de sistemas, según Von Bertalanffy (1976), se puede abordar desde enfoques biológicos, físicos, sociales o conceptuales; que pueden hacer que la relación de los elementos interconectados presente diferentes niveles de complejidad. Por ejemplo, aplicar la mirada sistémica planteada por Bertalanffy a los fenómenos térmicos involucra una entrada, una salida y una retroalimentación de calor entre dos o más organismos u objetos que interactúan térmicamente, ya sea entre ellos (condiciones ideales), o entre ellos y el ambiente (condiciones reales).

Considero importante mencionar que, en el contexto de este documento, cuando se utiliza la palabra *cuerpo* se hace referencia a un organismo, es decir, a un ser vivo. Esto debido a que en física se emplea para describir cualquier objeto, ya sea animado o inanimado. No obstante, desde el punto de vista de la biología, se considera *vivo* aquello que pueda tener procesos metabólicos, homeostáticos, organización celular, entre otros criterios. Para abordar los fenómenos térmicos a lo largo del documento, los desarrollaré a partir de ideas como *calor* y *frío*, *mundo real e ideal*, *equilibrio y desequilibrio*, *direccionalidad*, *dilatación* y *contracción*.

Calor y frío

Para el presente documento es esencial esclarecer el concepto de *calor*. Al respecto, se trae a colación las ideas de Josep Black (1803), quien planteó la necesidad de pensar el origen de conceptos relacionados con lo térmico, como el calor y el frío. Históricamente han surgido teorías en relación a su origen; por ejemplo, algunos científicos sostenían que el frío se originaba en unas partículas denominadas *escarcha* o *frigoríficas*. Sin embargo, estas hipótesis no prosperaron por falta de respaldo científico. En cuanto al calor, Black (1803) postuló que su origen residía en el sol, es decir, la temperatura de los objetos y cuerpos se veía afectada por la radiación solar.

Siguiendo a Black (1803), surge la posibilidad de cuestionar la existencia del frío y su origen, pues no existen evidencias científicas que respalden la idea de que el frío proviene de alguna partícula, estrella o materia. En cambio, se plantea que el frío es una construcción histórica que hace alusión a la diferencia de temperatura experimentada por dos o más organismos u

objetos que interactúan térmicamente en un sistema. Esta diferencia de temperatura es esencial, ya que nos permite comprender la interacción térmica y las diversas maneras en que los fenómenos térmicos se relacionan entre sí. De esta idea derivan tres conclusiones: primero que el frío no existe y que en cambio existe una diferencia de temperatura, segundo, que existe una interacción térmica cuando dos objetos u organismos entran en contacto o están cerca el uno del otro y se encuentran a diferentes temperaturas, y tercero, que la distribución del calor entre cuerpos presenta una direccionalidad (idea que profundizaré más adelante).

Desde esta perspectiva de calor, es evidente la importancia de la interacción, al referirse a lo térmico. Sin embargo, la interacción térmica se puede abordar de dos maneras diferentes, por un lado, se puede hacer la lectura de la interacción térmica a través de la noción de un mundo real y, por otra parte, se puede estudiar en el marco de un mundo ideal. En el próximo apartado, exploraremos en detalle estas dos formas de comprender la interacción térmica.

Mundo real y mundo ideal

Para comenzar, es importante delimitar las diferencias sistémicas en las interacciones térmicas entre el ambiente con un organismo o un objeto, ya que la trasferencia de calor entre dos objetos, un objeto y un organismo o entre dos organismos, implica interacciones térmicas que se establecen de manera directa con el ambiente. Esto hace que los fenómenos térmicos sean más complejos de entender, ya que existen condiciones que influyen en las interacciones térmicas, que inicialmente se consideraban como directas y "simples", bajo el imaginario de un mundo ideal, donde, aparte de los dos organismos u objetos involucrados, nada más influye en la interacción térmica. Por tanto, la idea de mundo real, permite observar y comprender de manera detallada y profunda los fenómenos térmicos, al considerar que el ambiente tiene unas condiciones particulares que intervienen en la interacción térmica entre dos objetos, dos organismos o un organismo y un objeto. A continuación, ampliaré la idea de mundo real e ideal y los pondré en discusión a partir de algunos ejemplos de sistemas físicos y biológicos.

Una de las cosas que indagábamos, durante la experiencia en el laboratorio como estudiantes del seminario, era la temperatura a la que una sustancia como el agua podía alcanzar el punto de ebullición, esto con el objetivo de comprender cómo interactuaba térmicamente el agua con una fuente de calor y las condiciones ambientales que rodeaban al sistema. Según la literatura, el agua puede alcanzar su punto de ebullición a una temperatura de 100 °C; sin embargo, la experiencia nos mostró otra realidad (figura 1). De acuerdo con el perfil de temperatura que se le realizó al agua contenida en un *beaker* en la ciudad de Bogotá, esta alcanzó su punto de ebullición a una temperatura de 92 °C y, dependiendo de la profundidad a la que se encontrara el termómetro, esta aumentaba en diferentes grados de temperatura. Al comparar los datos obtenidos en la experiencia de clase con la literatura surge la pregunta "¿Por qué el agua nunca llegó a los 100 °C para cambiar su estado de fase líquida a gaseosa?".

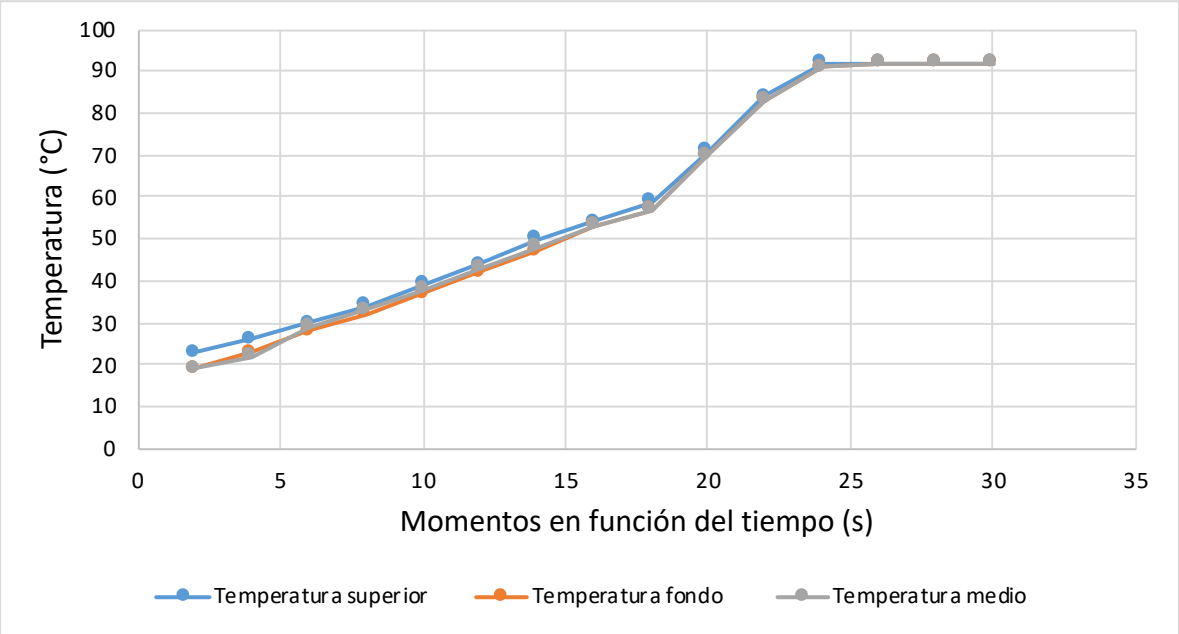


Figura 1. *Perfil temperatura del punto de ebullición del agua en diferentes profundidades en el beaker en la ciudad de Bogotá*

Fuente: Mora, et al.(2023).

Teniendo en cuenta lo anterior, esto me hizo pensar que existía algo que estaba permeando y alterando la interacción térmica del agua con su punto de ebullición, porque no lograba alcanzar la temperatura que indicaba la literatura. Después de indagar, encontré que la *presión atmosférica* era el factor que interfería en la temperatura de ebullición del agua. Este ejemplo ilustra la necesidad de estudiar el fenómeno térmico de cambio de fase, en el contexto de un mundo real, porque desde la lectura de un mundo ideal es posible pasar por alto las condiciones que están presentes en el ambiente que afectan los fenómenos térmicos. Es importante mencionar que el agua puede alcanzar un punto de ebullición a 100 °C, bajo unas condiciones especiales, por ejemplo cuando está al nivel del mar, y no a la altitud de una ciudad como Bogotá, ubicada aproximadamente a 2600 m s. n. m. Esta idea de mundo real e ideal permite tener presente condiciones ambientales como la presión atmosférica que afecta el punto de ebullición del agua, además de la interacción térmica entre el agua y la fuente de calor emitida por la estufa, logrando así desarrollar una lectura más amplia de los fenómenos térmicos, en este caso del cambio de fase.

Ahora bien, ¿cómo traer a colación un ejemplo desde la biología? Pensar los ecosistemas y sus dinámicas permite ilustrar cómo se relacionan el mundo real y no ideal al abordar los fenómenos térmicos. Por ejemplo, en un ecosistema de páramo, la vida se adapta a condiciones extremas de bajas temperaturas, por tanto, la regulación térmica en los organismos es esencial para mantener la temperatura corporal, asegurando el funcionamiento adecuado de los procesos metabólicos térmicos con reacciones de tipo exotérmicas y endotérmicas[1] y, por ende, su supervivencia. Una planta que habita en el páramo, como el frailejón, no

1 *Endotérmica* es una reacción química en la cual se absorbe energía en forma de calor o luz, y *exotérmica* es una reacción química en la cual se desprende energía en forma de calor o luz.

solo interactúa con los rayos de sol que recibe durante el día o con las bajas temperaturas durante la noche, sino también con condiciones como la altitud y la presión atmosférica, el viento, su velocidad e intensidad; la disponibilidad de recursos hídricos que afectan la velocidad de la evaporación y condensación que requieren las plantas para vivir; así como los ciclos ecológicos que se ven afectados por las bajas temperaturas.

Esta dinámica hace que la descomposición de materia orgánica sea lenta, afectando el pH del suelo y la interacción con la planta. Además de las adaptaciones morfológicas que el frailejón ha desarrollo a lo largo del tiempo, como el tamaño y la presencia de estructuras "vellosas", conocidas como tricomas, que recubren la superficie de la hoja y que le dan una apariencia "acolchada" y "peluda". Estas estructuras han permitido adaptaciones como el aislamiento térmico, reducción de pérdida de calor de la planta, protección contra la radiación UV y regulación de la humedad del frailejón.

La lectura de los fenómenos térmicos en los sistemas biológicos de una manera compleja y dinámica debe hacerse bajo la lectura de mundo real, ya que esto implica tener en cuenta las condiciones del ambiente que afectan al sistema y sin las cuales no se podría entender de una manera holística. En el ejemplo del frailejón, no podría pensarse en la interacción térmica como una simple relación entre una fuente de calor y la planta, pues el sol como fuente de calor posibilita las condiciones óptimas para el desarrollo de los procesos fotosintéticos del organismo, pero también influyen otras condiciones como el viento, la altitud, la humedad, que afectan la interacción térmica entre la planta como sistema abierto y dinámico con el sol, desde una lectura externa al organismo, sin embargo, los frailejones interactúan con el ecosistema de manera multidireccional, porque en el interior de la planta existen procesos metabólicos que permiten la regulación interna del organismo respecto a las condiciones ambientales en las que se encuentre (se profundizara esta relación en el apartado "Equilibrio y desequilibrio").

La mirada sistémica cobra importancia tanto para el ejemplo del sistema físico como el biológico, porque se cuestiona la forma de leer el sistema de la interacción térmica de una manera detallada y cuidadosa en función de la explicación de los fenómenos térmicos.

Equilibrio y desequilibrio

Dentro de la idea de interacción térmica entre dos organismos, un organismo y un objeto o dos objetos, se resalta el concepto de *equilibrio y desequilibrio*, porque cuando un organismo con una temperatura estable se somete a interactuar térmicamente con otro, logra apreciarse una transferencia de calor entre ambos, que puede evidenciarse de diversas maneras. Procuraré explicarlos a partir de ejemplos más adelante, por lo pronto, es importante mencionar que pensar lo térmico, bajo la idea de sistema y la direccionalidad del flujo de calor de un cuerpo hacía el otro, posibilita la existencia de varios momentos mientras ambos organismos establecen un equilibrio térmico que sea constante a través del tiempo hasta que sea desequilibrado nuevamente, cambiando las condiciones iniciales del sistema, pero dando origen a otras nuevas posibilidades térmicas al interactuar térmicamente con otro cuerpo.

Un ejemplo que podría establecer desde la física y haciendo uso de la experiencia vivida en el seminario de la maestría, es el mencionado en la figura 1. En esta situación, el agua alcanzó una temperatura de 92 °C en la ciudad de Bogotá, y esa temperatura se mantuvo constante a lo largo del tiempo. La estabilidad térmica perduró hasta que se alteró alguna condición del sistema, en este caso, se apagó la estufa, lo que disminuyó la temperatura emi-

tida por la fuente de calor. Cuando esto ocurrió, la temperatura del agua en el *beaker* comenzó a disminuir hasta alcanzar un punto de equilibrio con la temperatura ambiente, que era aproximadamente de 19 °C.

Este es un ejemplo de la interacción térmica entre dos objetos (en este caso una sustancia como el agua y una fuente de calor como la estufa). El punto de ebullición del agua se vio afectado por condiciones como temperatura ambiente, presión atmosférica y altitud. Estas no permitieron que el agua alcanzará una temperatura de 100 °C, pero sí le permitió alcanzar un punto de equilibrio con las condiciones del sistema. Sin embargo, cuando se decidió alterar dicho sistema, la sustancia pasó por un estado de desequilibrio que se reflejó en la disminución constante de la temperatura del agua en el interior del *beaker*, a lo largo del tiempo. Sin embargo, teniendo en cuenta el tiempo como un parámetro, el agua pudo alcanzar un nuevo equilibro térmico, relacionado de manera directa con la temperatura ambiente de ese momento en el salón de clase.

Desde lo biológico, un ejemplo del fenómeno es la interacción entre los frailejones y el páramo, condición que puede ocurrir cuando la planta entra en contacto con la temperatura ambiente, la alteración térmica al interior del cuerpo puede producir pérdida hídrica en el frailejón por estrés de calor, es así como la planta ha desarrollado varias estrategias evolutivas para regular su temperatura, adaptarse y mantener un equilibrio térmico interno respecto a las condiciones del ambiente.

El frailejón para mantener un equilibrio térmico en el interior ha desarrollo varias adaptaciones, porque cuando la planta se expone a altas temperatura durante el día, aumenta la pérdida de agua debido a la evapotranspiración de la planta. Por ello, la planta desarrolló varias estrategias, entre ellas los tricomas, los cuales desempeñan el papel de "pantallas protectoras", es decir, refleja la luz solar, evitando daños celulares en las hojas debido a la alta radicación y reduciendo la velocidad de la evapotranspiración. Otra estrategia consiste en cerrar parcialmente las estomas (poros en las hojas que permiten el intercambio gaseoso e hídrico entre la planta y el ambiente), disminuyendo así la pérdida de agua a causa del estrés térmico.

Estas estrategias permiten la regulación térmica al interior del frailejón cuando se exponen a altas temperaturas ambientales durante el día, sin embargo, por las condiciones propias del páramo, el cual se caracteriza por temperaturas agrestes y fluctuantes, los frailejones han desarrollado estrategias para regularse térmicamente durante las bajas temperaturas ambientales nocturnas.

Durante las bajas temperaturas, los tricomas presentes en las hojas cumplen la función de aislantes térmicos, actuando como una "capa" que evita la pérdida de calor del frailejón cuando interactúa térmicamente con el ambiente y este tiene una temperatura inferior al de la planta.

La lectura de equilibrio y desequilibrio térmico en los organismos debe observarse bajo una mirada sistémica, dinámica, compleja y de mundo real. Porque, si bien existe una interacción térmica con el ambiente, también hay condiciones metabólicas propias en el interior de los organismos que no posibilitan un equilibrio térmico con el ambiente, porque de ser así, llevaría a su muerte. Como se ilustra en el ejemplo del párrafo anterior, el frailejón ha desarrollado diversas adaptaciones para mantener una regulación térmica en su interior, para hacer frente a la variación de la temperatura ambiente del páramo.

Vale la pena resaltar cómo la idea de equilibrio y desequilibrio se puede entender a través de situaciones cotidianas. Ambos ejemplos evidencian la idea de cambio y permanencia, al igual que la capacidad que tienen los mismos para equilibrarse. Sin embargo, dentro de estos procesos de equilibrio-desequilibrio ocurren pequeñas situaciones que autores como Ayala

et al. (1998) denominaron *cuasiestáticos*. Se hace énfasis en los pequeños desequilibrios en el interior que dan cuenta del cambio de estado infinitamente cercano, es decir, que los cambios percibidos han transcurrido por pequeños estados de desequilibrio en el sistema inicialmente.

La idea de equilibrio y desequilibrio cuasiestáticos me evoca un concepto que planteó Joseph Black (1803), que denominó *calor latente*, y que hace mención a la cantidad de calor que una sustancia u objeto puede absorber o liberar para cambiar su estado de fase a la misma temperatura, es decir, durante el proceso de cambio de fase, la temperatura del material permanece constante, aunque se le agregue o libere calor durante el proceso de cambio. Sin embargo, una vez el material alcanza un nuevo estado de agregación, la temperatura puede variar según las condiciones ambientales.

El concepto de *calor latente* es esencial para comprender el fenómeno térmico de cambio de fase. Además, es pertinente mencionar que los valores de calor latente son específicos para cada sustancia y que pueden utilizarse en diversas aplicaciones o explicaciones, de hecho la idea de calor latente permite comprender fenómenos naturales como la formación de nubes, la precipitación en la atmósfera o el derretimiento de los polos y nevados.

El ejemplo que se trae a colación para explicar el concepto de *calor latente* es el proceso de fusión del hielo. Desde la experiencia durante el seminario de Física, cuando se sometía un cubo de hielo al derretimiento provocado por la temperatura ambiente. Durante un periodo de tiempo determinado, se evidenció un cambio en la superficie del cubo, comenzó a pasar de estado sólido a estado líquido, absorbiendo una cantidad de calor específica para convertirse en agua. Lo curioso es que, a pesar del cambio de fase, el instrumento de medición de temperatura, denominado *termocupla*, indicaba que no habían cambios significativos, es decir, la temperatura del agua alrededor del hielo mantenía igual que la del cubo, a pesar de que se estaba utilizando solamente la cantidad de calor necesaria para cambiar de estado de fase, pero no de temperatura. Podría pensarse que el agua alrededor del cubo de hielo presentaría una temperatura superior a la del cubo de hielo, pero la experiencia demostraba que era la misma.

Dilatación y contracción

Uno de mis primeros acercamientos a los fenómenos térmicos involucró la dilatación o contracción de objetos, estructuras y tejidos en organismos, cuando experimentaban un cambio de temperatura, que se manifestaban a través de cambios físicos o morfológicos. A continuación, proporcionaré algunos ejemplos para ilustrar este concepto.

El ser humano como sistema termodinámico requiere mantener unos procesos homeostáticos, como la regulación de la temperatura en un rango óptimo de aproximadamente 36 °C y 37 °C, sin importar las condiciones ambientales en las que se encuentre, porque es un organismo endotermo.[2] Sin embargo, cuando se expone a un ecosistema con temperaturas diferentes en función de la temperatura corporal, se logra apreciar un cambio en la superficie de la piel. En otras palabras, si se somete a un ecosistema con temperaturas altas, como la playa, lo más probable es que experimente una vasodilatación que se puede apreciar por el engrosamiento o dilatación de las venas superficiales, más próximas a la piel. En el caso contrario, la exposición a ecosistemas con temperaturas bajas, como el páramo, se experimenta una vasoconstricción y, por ende, la piel mostrará una uniformidad en la superficie y mostrará un tenue color entre morado y azul.

2 Los endotermos, o también conocidos como "sangre caliente", son organismos que tienen la capacidad de generar y mantener internamente su propia temperatura corporal, independientemente de la temperatura del entorno, ejemplo de ellos son los mamíferos (entre ellos el ser humano) y las aves.

Significa que el cuerpo humano como sistema termodinámico, responde a unas condiciones externas para regular y mantener su temperatura adecuada. No obstante, que sea un organismo endotérmico no quiere decir que no se relacione o interactúe térmicamente con el ambiente; de hecho, esta interacción térmica con el ambiente favorece una serie de respuestas homeostáticas en la regulación, a través de procesos como la sudoración, la circulación sanguínea y la termogénesis,[3] las cuales son reguladas por los diversos sistemas en el interior del cuerpo humano, como el sistema nervioso, muscular, sanguíneo y endocrino. Es decir, la regulación de la temperatura corporal garantiza que los procesos metabólicos en el interior del organismo sean adecuados para la supervivencia de cuerpo humano.

La vasodilatación y vasoconstricción de las venas en el cuerpo humano en diversos entornos es un claro ejemplo de la interacción térmica entre un organismo y su ambiente. Esta respuesta demuestra la influencia de la temperatura ambiente en el sistema vascular del cuerpo. Esto quiere decir que la dilatación y constricción de los vasos sanguíneos regulan el flujo de calor entre el organismo y el ambiente de manera multidireccional. Si esta regulación térmica no se realiza adecuadamente, podría traer consecuencias graves para la supervivencia del cuerpo humano, durante las situaciones de desequilibrio térmico, como el estrés térmico, golpes de calor, deshidratación, congelamiento, entre otras. Estas situaciones podrían conducir a la muerte del organismo, en términos biológicos, a una retroalimentación positiva.

Ahora bien, el ejemplo con el que cuestiono la idea de dilatación y contracción desde lo físico se puede dividir en dos momentos. En primer lugar, pienso en el sonido que hacen las tejas cuando después de un día caluroso luego llueve, las tejas emiten un ligero crujido, esto sugiere una interacción térmica entre las tejas y la temperatura ambiente, provocando una ligera modificación en su estructura, que involucra procesos de dilatación y contracción. En segundo término, consideremos una puerta, sin importar el material del que este hecha, esta experimenta cambios dependiendo de la temperatura ambiente. En días soleados, parece expandirse, lo que demanda más fuerza para abrirla; por el contrario, en días lluviosos o de bajas temperaturas, se abre fácilmente. Estos ejemplos podrían demostrar la interacción térmica entre un objeto con el entorno, expresado en la dilatación y contracción.

Con estos ejemplos, mi objetivo es ilustrar cómo se puede evidenciar, desde una mirada sistémica, la interacción térmica existente que provoca cambios leves en las estructuras físicas y morfológicas de la materia, que conocemos como *fenómeno de la dilatación y contracción*.

Direccionalidad

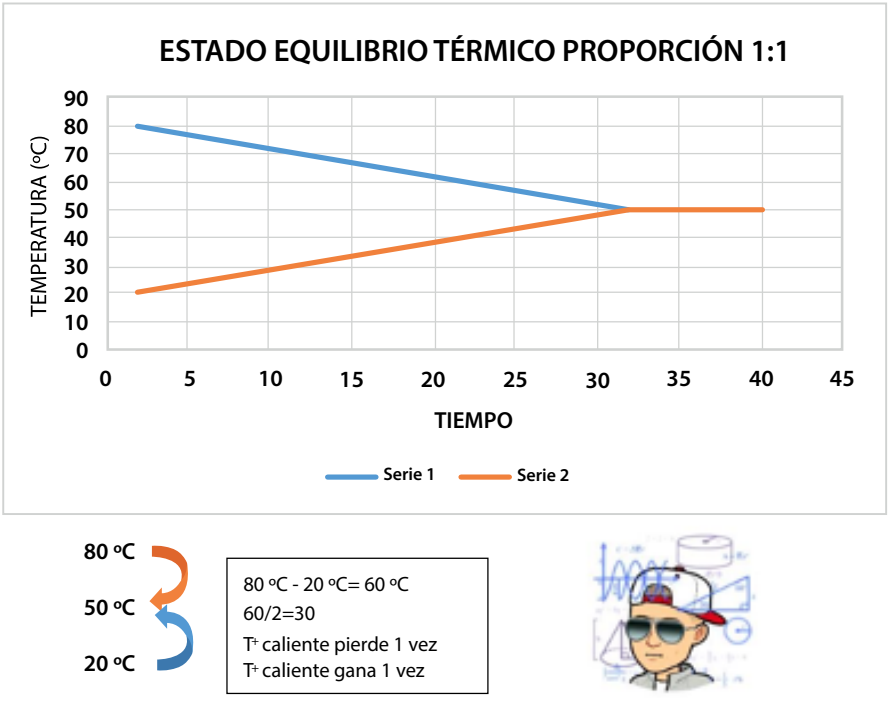
A lo largo de este documento, he explorado varias formas de comprender la interacción térmica y algunos fenómenos térmicos como la dilatación o cambio de fase, desde un enfoque sistémico a partir de ejemplos tanto biológicos como físicos. En este contexto, es necesario cuestionar la noción de *direccionalidad* que se evidencia durante la interacción térmica entre dos objetos, dos organismos o un objeto y un organismo. Además de ello, siguiendo a Black (1803), quien hacía énfasis en el origen del calor y el frío, sigo asumiendo al frío como una construcción histórica que no tiene un origen claro, puedo plantearme la pregunta de si existe una direccionalidad cuando dos cuerpos u organismos interactúan térmicamente.

3 La termogénesis es un proceso fisiológico del cuerpo, especialmente de mamíferos y aves, es decir, organismos endotérmicos, el cual tiene por objetivo generar un aumento de calor por medio de la alimentación, el temblor o el tejido adiposo, y así poder adaptarse a las condiciones ambientales cuando estas presentan una temperatura muy baja.

Partiendo de los planteamientos de Black (1803), de que el frío no tiene un origen, podría argüir que la construcción de este concepto se asume más desde la diferencia de temperaturas entre dos objetos u organismos en contacto o en proximidad. Por ejemplo, si pongo un cubo de hielo de 0 °C en interacción con una de mis manos después de haberla sumergido en agua con hielo, seguramente no percibiré el cubo de hielo como frío; pero si el mismo cubo de hielo entra en contacto con la temperatura de mi otra mano, que es de aproximadamente 37 °C, lo experimentaré como frío. Esto sugiere que el frío no es una entidad en sí misma, sino la consecuencia de la diferencia de temperaturas entre objetos u organismos. Ahora bien, esta pequeña introducción me permite comprender que en la interacción térmica entre objetos con diferentes temperaturas existe una direccionalidad. Al cabo del tiempo, dada esta interacción térmica, los objetos llegarán a un punto de equilibrio térmico, es decir, la temperatura de ambos objetos será la misma, esto se ilustrará a continuación por medio de ejemplos.

Si examinamos este escenario desde una mirada física, se puede ilustrar la dirección del calor con el siguiente ejemplo: imaginemos una nevera de icopor (poliestireno expandido) dividida en dos partes iguales por una lámina metálica, en ambos lados con la misma cantidad de sustancia, pero con diferentes temperaturas: ¿cómo podría evidenciar la direccionalidad del calor?; supongamos que una de las dos sustancia está a 80 °C y la otra está a 20 °C: ¿cuál será la temperatura final, es decir, la temperatura de equilibrio térmico en una proporción 1:1? (figura 2).

Figura 2. *Punto de equilibrio en proporciones iguales*

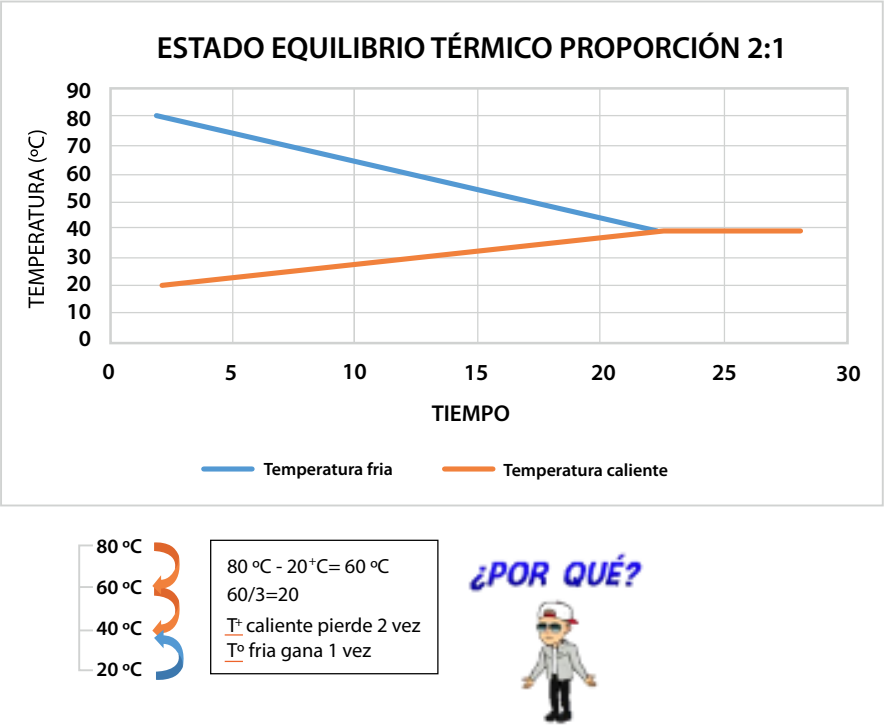


La temperatura final, es decir, el punto de equilibrio térmico entre ambas sustancias será de 50 °C. Esto demuestra que hubo una transferencia de calor en ambas sustancias, porque la que se encontraba a 20 °C inicialmente terminó con una temperatura de 50 °C, es decir,

aumentó 30 °C; caso contrario en la temperatura de la sustancia que tenía 80°C al inicio de la interacción térmica, que terminó con una temperatura de 50 °C, perdiendo 30 °C. Esto demuestra que existe una direccionalidad en la interacción térmica; sin embargo, esta puede estar afectada por la cantidad de sustancia presente en la interacción térmica o por la diferencia de temperaturas, veamos otro ejemplo.

Tengo la misma nevera de icopor, divida a la mitad por una lámina metálica, pero a un lado de la división de la nevera hay una cantidad de agua con una temperatura de 80 °C y al otro lado, hay el doble de agua, pero a una temperatura de 20 °C: ¿cuál será el flujo de calor?; ¿qué temperatura obtendría al final en una proporción 2:1? (figura 3).

Figura 3. *Punto de equilibrio en proporciones diferentes*



Podemos observar que en esta interacción de proporción 2:1 el punto de equilibrio térmico es diferente en comparación con el punto de equilibrio térmico de la proporción 1:1. En la interacción térmica de la proporción 2:1, se vio afectada la distribución de calor por la cantidad de sustancia disponible en las neveras, recordemos que la sustancia con la temperatura de 20 °C era el doble de la sustancia con temperatura de 80 °C, quiere decir que hubo el doble de transferencia de calor de la sustancia con mayor temperatura a la sustancia con menor temperatura. Estos ejemplos demuestran que en la interacción térmica existe una direccionalidad del calor que parece ser de la sustancia con mayor calor a la sustancia de menor calor.

En cuanto al ejemplo biológico, podría explicar la direccionalidad del calor trayendo a colación los organismos ectotermos[4] o de "sangre

4 Los organismos conocidos como ectotermos, o de "sangre fría", son aquellos que dependen en gran medida de las condiciones ambientales para poder regular y mantener una temperatura interna óptima para el desarrollo de sus procesos metabólicos para la supervivencia; por ejemplo: reptiles, anfibios, insectos, peces, arañas, entre otros.

fría"; este ejemplo permite apreciar el comportamiento de reptiles como los lagartos y los cocodrilos que se exponen al sol apoyados en pequeñas superficies como el suelo, troncos de madera o rocas; allí regulan su temperatura interna, a partir de una fuente externa de calor como lo es el sol, lo que evidencia una direccionalidad. Sin embargo, la direccionalidad en los organismos se manifiesta en múltiples direcciones, es decir, existe una dirección del organismo hacia el ambiente, del ambiente hacia el organismo, pero también, de calor al interior del organismo. Asimismo, cuando el organismo alcanza el nivel necesario de calor y para regularse térmicamente busca una diferencia de temperaturas en el agua.

En la perspectiva de sistema dinámico y complejo, la transferencia de calor también se ve influenciada por el tamaño del organismo, un cocodrilo adulto requerirá de mayor tiempo expuesto al sol para regular su temperatura interna, a diferencia de un lagarto, pues si este último se expusiera al sol el mismo tiempo que el cocodrilo adulto, seguramente se enfrentaría a serios problemas de regulación homeostática en el interior de su cuerpo.

Esto significa que, al hablar de los fenómenos térmicos, independiente del campo de conocimiento, se debe tener presente la idea de direccionalidad del calor, el cual puede ser transmitido de diversas maneras, ya sea por conducción, convección o radiación.

Conclusión

Hablar de los fenómenos térmicos desde una mirada sistémica me permite comprender de manera holística y dinámica la noción de *calor* que se ha construido a lo largo de la historia. Por ejemplo: abordar los fenómenos térmicos de manera sistemática e histórica nos lleva a una apreciación más rica y completa de lo que implica el calor en el mundo natural. A través de esta perspectiva, podemos profundizar en cómo interactúa con otros aspectos de la física y la biología, y cómo ha evolucionado nuestra comprensión a lo largo del tiempo. Esta compresión más profunda puede influir en la forma en que enseñamos y aplicamos el conocimiento sobre el calor en la educación y la vida cotidiana.

Además, es pertinente hacer la lectura del sistema desde la mirada de mundo real y no ideal, porque las condiciones del ambiente afectan las interacciones térmicas entre dos organismos, dos objetos o un organismo y un objeto. Analizar las interacciones térmicas desde una perspectiva del mundo real es fundamental debido a la naturaleza variable y dinámica del ambiente en el que vivimos. Esto asegura la aplicabilidad del conocimiento térmico en situaciones cotidianas, la toma de decisiones informadas y el avance científico y tecnológico, porque hace posible un análisis holístico de los fenómenos térmicos y las diversas formas como interactuamos con ellos.

Finalmente, es pertinente promover un diálogo interdisciplinario sobre la interacción térmica desde sistemas físicos y biológicos, debido a que, así, se enriquece la compresión de los fenómenos naturales de los estudiantes y los profesores, y fomenta la curiosidad y el desarrollo de habilidades para la resolución de problemas científicos y sociales, su uso e interacción tanto en la escuela como fuera de ella.

Referencias

Ayala, M., Romero, A. y Malagón, F. (1998). El esquema equilibración-desequilibración y los procesos termodinámicos. *Física y Cultura: Cuadernos sobre Historia y Enseñanza de las Ciencias*, (4), 9-14.

Black, J. (1803 [1975]) Del calor en general. En B. Lindsay (ed.), *Energy: Historical development of the concept.* (Trad. por A. Romero y M. M. Ayala). Dowden, Hutchinson & Ross.

Von Bertalanffy, L. (1976). *Teoría general de los sistemas: fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. Fondo de Cultura Económica.

El Telar Del Universo Invisible: de Paul Dirac hasta Richard Feynman

The Loom of the Invisible Universe: From the Perspective of Paul Dirac and the Considerations of Richard Feynman

Juan Estevan Salamanca-Quintana*

Cómo citar este artículo:
Salamanca-Quintana, J. E. (2023). El Telar Del Universo Invisible: de Paul Dirac hasta Richard Feynman. *Pre-Impresos Estudiantes,* (23), 25-36.

Resumen

En 1928, el ilustre Paul Dirac tejió una ecuación que, con el tiempo, adoptó su propio nombre. Su anhelo era claro: forjar una ecuación que describiera con precisión el inquieto vaivén de los electrones, mediante la unión del mundo de la relatividad especial y el de la mecánica cuántica. No obstante, lo que en verdad tornó esta ecuación en una sinfonía de lo inesperado fue la creación del concepto de *antipartículas*. Enfrentando las brisas de la duda, Dirac defendió su creación hasta que, en 1932, Carl D. Anderson confirmó la existencia de estas criaturas exóticas, y así consagró la visión de Dirac.

Más tarde, Richard Feynman y John Wheeler interpretaron los positrones como electrones danzantes hacia atrás en el tejido del tiempo. Esta perspectiva, como una melodía disonante pero cautivadora, enriqueció nuestro entendimiento de la antimateria y su romance con el tiempo. Este artículo se sumerge en la historia de esa poesía cuántica que conecta a Dirac y a Feynman, explora las profundidades epistemológicas y subraya la importancia de aprender la historia de la física moderna. Nos recuerda que la ciencia, como una sinfonía celestial, a menudo nos lleva a descubrimientos insospechados, y nos revela la belleza y la complejidad ocultas en los pliegues del cosmos.

Palabras clave: ecuación de Dirac; relatividad; mecánica cuántica; electrones antipartícula

Abstract

In 1928, the illustrious Paul Dirac wove an equation that, in time, would adopted his own name. His ambition was clear: to forge an equation that could accurately describe the restless oscillation of electrons, bringing together the realms of special relativity and quantum mechanics. However, what really turned this equation into a symphony of the unexpected was the creation of the concept of antiparticles. Facing the breezes of doubt, Dirac defended his creation until, in 1932, Carl D. Anderson confirmed the existence

* Estudiante de Licenciatura en Física, Universidad Pedagógica Nacional. Posee una sólida formación como bachiller técnico especializado en Sistemas y Electrónica, obtenida en el Colegio Veintiún Ángeles. jesalamancaq@upn.edu.co

of these exotic creatures, and thus enshrined Dirac's vision.

Later, Richard Feynman and John Wheeler interpreted positrons as electrons dancing backward in the fabric of time. This perspective, like a dissonant but captivating melody, enriched our understanding of antimatter and its romance with time. This article dives into the history of that quantum poetry that connects Dirac and Feynman, explores the epistemological depths and underlines the importance of learning the history of modern physics. It reminds us that science, like a celestial symphony, often leads us to unsuspected discoveries, and reveals the beauty and complexity hidden in the folds of the cosmos.

Keywords: Dirac equation; relativity; quantum mechanics; electrons; antiparticle

Introducción

El presente artículo tiene origen en el marco del espacio académico Diálogos sobre las Experiencias de Investigación y Práctica, cuyo propósito es fomentar la producción intelectual y el desarrollo de habilidades investigativas entre los estudiantes. En este contexto, se explora un paradigma aparentemente paradójico: en el ámbito científico la única *verdad absoluta* reside en la inexistencia de una *verdad absoluta* (Porlán, 2018). Esta paradoja nos lleva a pensar que la ciencia desprovista de una conexión con su historia y sin la capacidad de anticipar el futuro carece de valor pedagógico para nuestros estudiantes. En este sentido, temas aparentemente abstractos, como aquellos que emergen de la mecánica cuántica pueden presentar desafíos para su comprensión. No obstante, investigar el origen de las ideas relacionadas con la antimateria y las antipartículas se erige como un reto conceptual que enriquece la comprensión de la física contemporánea, tanto para docentes como para discentes.

En este contexto, resulta esencial abordar las raíces históricas de estos conceptos, en lugar de limitarnos a las definiciones textuales que se encuentran en la literatura científica, como lo señalaron Solbes y Sinarcas en su trabajo seminal "Una propuesta para la enseñanza aprendizaje de la física cuántica basada en la investigación en didáctica de las ciencias" (2010). Esta perspectiva cobra sentido al considerar la trascendental contribución de Paul Desde su presentación en 1928, la ecuación de Dirac ha suscitado un profundo interés tanto en la comunidad científica como en la sociedad en general, debido a las notables implicaciones que aporta a nuestra comprensión del cosmos. Sin duda, esta ecuación se consagra como uno de los fundamentos de la física, ya que logra la armoniosa unificación de dos teorías cruciales del siglo XX: la relatividad especial y la mecánica cuántica. Tal hazaña ha posibilitado la elucidación de fenómenos previamente insondables para la mente de los físicos, como la estructura fina del átomo de hidrógeno y las propiedades inherentes al espín del electrón. Además, la ecuación de Dirac merece reconocimiento por su capacidad de anticipar la existencia de la antimateria, un fenómeno que en aquel entonces no había sido verificado experimentalmente.

Es de resaltar que, a pesar de su colosal contribución, la ecuación no estuvo exenta de controversias. Una de estas fue expresada por Werner Heisenberg, quien lamentó que el capítulo más melancólico de la física moderna podría ser la teoría propuesta por Dirac. En un reflejo similar de desaliento, Wolfgang Pauli incluso llegó a contemplar la posibilidad de abandonar el campo que había influenciado profundamente su vida (Bolles, 2004).

A pesar de las incertidumbres iniciales, la visión profunda de Dirac sobre la naturaleza persistió. Los desafíos suscitados por su ecuación estimularon innovaciones ulteriores en el campo y engendraron teorías tan monumentales como la electrodinámica cuántica.

Actualmente, el legado de Dirac sigue siendo un pilar de la física moderna, y cumple un papel crucial en el avance tecnológico en diversas disciplinas. La comprensión de la naturaleza de las antipartículas ha propiciado el desarrollo de nuevas herramientas y técnicas para la detección y manipulación de la materia y la energía. Un ejemplo destacado de esta aplicación es la tomografía por emisión de positrones, una técnica de imagenología que se basa en la interacción entre partículas como el electrón y el positrón (la antipartícula del electrón) para obtener imágenes precisas del interior del cuerpo humano. Este avance resulta crucial en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, incluyendo el cáncer.

Para comprender el concepto de *antipartícula*, es imprescindible situarlo en su contexto histórico, que abarca desde los trabajos pioneros de Paul Dirac en 1928, hasta las subsiguientes consideraciones de Richard Feynman en 1949. Al examinar la evolución de esta noción a lo largo de más de dos décadas, podemos analizar sus dimensiones disciplinarias, epistemológicas y pedagógicas. En este fértil periodo de la física subatómica se sentaron las bases de nuestra comprensión actual sobre las antipartículas y su papel transcendental en la composición del universo.

La revolucionaria teoría de Dirac: el descubrimiento de la antimateria y sus implicaciones en la física cuántica

En los albores de los años 1920, la teoría cuántica semiclásica, basada en el modelo planetario del átomo propuesto por Niels Bohr, comenzó a evidenciar un número creciente de desafíos y limitaciones (Sánchez Ron, 2001). Esta concepción atomística representaba al átomo como un sistema de electrones en movimiento a lo largo de órbitas definidas, de manera análoga a los planetas que orbitan en nuestro sistema solar. Si bien esta teoría había alcanzado éxitos notables en la explicación de varios fenómenos físicos, los investigadores que se adentraron en sus intrincados detalles comenzaron a percibir disonancias profundas en su capacidad explicativa. Ni siquiera las modificaciones propuestas por Arnold Sommerfeld lograron mitigar las crecientes anomalías que surgían en su aplicación. De hecho, a pesar de los logros iniciales del modelo atómico de Bohr-Sommerfeld y su implementación exitosa en numerosos casos experimentales, las anomalías y fenómenos no resueltos se acumularon hasta alcanzar una situación insostenible (Kragh, 2012).

En este contexto, en un momento crítico para la física teórica, Erwin Schrödinger introdujo su revolucionaria ecuación de onda en 1926. Esta se utilizó inicialmente para calcular los niveles de energía del átomo de hidrógeno, y arrojó los mismos resultados espectrales que Bohr había obtenido a través de la antigua teoría cuántica en 1913 (Kragh, 2016). Si bien el espectro de hidrógeno representó un logro destacado para la mecánica de ondas, Schrödinger percibió que este éxito estaba incompleto: las líneas espectrales no se presentaban de manera nítida, sino que exhibían un fenómeno conocido como *estructura fina*. La diferencia de frecuencia que caracterizaba la separación de estas líneas dobletes resultaba sumamente pequeña y podía ser cuantificada mediante la denominada *constante de estructura fina*.

Aunque la ecuación de Schrödinger constituye un pilar en la mecánica cuántica, vale la pena mencionar que su naturaleza es no relativista, lo que significa que tiene en cuenta consideraciones respecto a velocidades cercanas a la velocidad de la luz (Vásquez, 2015).

En ese mismo año de 1926, un hito en la evolución de la mecánica cuántica se materializó con la publicación de la versión relativista de la ecuación de onda por parte de Erwin Schrödinger, un

acto al que contribuyeron varios físicos notables. Este desarrollo teórico fue denominado por Wolfgang Pauli como *ecuación con muchos padres*, en reconocimiento de la multiplicidad de científicos involucrados (Kragh, 2016). Entre estos pioneros se destacaron Oskar Klein, físico sueco, y Walter Gordon, físico alemán, quienes dedicaron sus esfuerzos a la formulación de esta ecuación, por lo que llegó a ser conocida como la ecuación Klein-Gordon.

En 1927, Klein y Gordon avanzaron de forma independiente en su desarrollo e hicieron una contribución fundamental: establecieron una relación profunda entre la energía y el momento en el marco de la relatividad. La ecuación Klein-Gordon emergió como una herramienta esencial en la creación de las primeras ecuaciones relativistas concebidas para describir partículas con espín entero (lo que hoy conocemos como *bosones*). A primera vista, esta ecuación parecía la expresión más simplificada de esta relación fundamental en el contexto relativista para partículas libres de influencias externas. Sin embargo, sus aplicaciones parecían inicialmente restringidas. No obstante, durante el análisis de la ecuación Klein-Gordon, surgieron varias problemáticas que merecen ser destacadas (Garnica *et al*., 2022).

La primera de estas cuestiones residía en la ausencia de un signo definido para la densidad de probabilidad, fenómeno que planteó la posibilidad de interpretar el movimiento de las partículas tanto hacia adelante como hacia atrás en el tiempo, una conclusión que carecía de una interpretación física clara y coherente, y desafiaba las nociones convencionales de causalidad. Además, en su contexto original, la ecuación demostró ser insuficiente para proporcionar información detallada sobre la estructura fina observada en el átomo de hidrógeno, sin la necesidad de recurrir a técnicas de aproximación.

La segunda problemática estaba relacionada con el hecho de que la ecuación describía exclusivamente partículas con espín entero, lo que implicaba que solo las partículas sin momento angular intrínseco tenían efectos relativistas significativos.

La tercera cuestión de se vinculó con la presencia de densidades de probabilidad negativas, un fenómeno que pasó inicialmente inadvertido. No obstante, el trabajo pionero de Paul Dirac y el posterior descubrimiento de la antipartícula por parte de Carl Anderson arrojaron luces sobre este aspecto (Garnica *et al*., 2022).

Vale la pena resaltar que Paul Dirac planteó discrepancias con respecto a la ecuación de Klein-Gordon. En su búsqueda, Dirac se aferró a la teoría propuesta por Pauli en 1927, que exploraba el enigmático concepto del *espín*, un componente que aún no se comprendía en su totalidad. En 1926, se evidenció que la incorporación del espín y la relatividad era esencial para la formulación de una teoría cuántica que pudiera dar cuenta de las peculiaridades observadas en la espectroscopia (Vásquez, 2015).

De esta manera, Dirac se percató de que la deducción de la ecuación en cuestión se tornaba en una tarea imposible y que su descubrimiento únicamente podría materializarse a través de una conjetura afortunada. Sin embargo, sí limitó las opciones disponibles, al establecer las características que dicha ecuación debía cumplir y las condiciones que debía satisfacer. En lugar de efectuar modificaciones en las ecuaciones existentes, adoptó un enfoque de *arriba hacia abajo*, en aras de identificar los principios más generales de la teoría que perseguía antes de traducir sus conceptos en términos matemáticos concretos.

Con inquebrantable perseverancia, Dirac evaluó una sucesión de ecuaciones, y desechó cada una de ellas tan pronto como no se ajustaba a los cimientos de sus principios teóricos o a las observaciones experimentales. No fue sino hasta el final de noviembre o los primeros días de diciembre de 1927 que halló una ecuación prometedora que cumplía con los requisitos,

en coherencia tanto con la relatividad especial como con la mecánica cuántica. Esta ecuación divergía de cualquier concepción previamente contemplada por los teóricos, puesto que caracterizaba al electrón no a través de la convencional onda de Schrödinger, sino mediante una novedosa forma de onda compuesta por cuatro componentes entrelazados, todos ellos esenciales para su descripción precisa.

Cuando esta sinfonía novedosa se publicó por primera vez, a principios de febrero del año siguiente, causó una verdadera conmoción. Debido a su complejidad matemática, la mayoría de los físicos lucharon por comprender la ecuación en su totalidad, uno de los aspectos que, en principio, generó confusión fue la existencia de dos componentes adicionales, cuyo significado resultaba desconocido. Sin embargo, Dirac precisó la razón detrás de estos estados adicionales: además de los estados de energía positiva para el electrón, también existen dos de energía negativa aplicables a cualquier partícula cuántica.

En la composición de la ecuación de ondas relativistas, es pertinente apreciar la definición de la energía en su vertiente relativa, la cual se expresa de la siguiente manera:

$$E = \sqrt{P^2c^2 + (m_0^2c^4)}$$

Donde la energía puede fluctuar, ya sean de valores positivos o negativos, en la que *P* es el momento lineal, m_0 es la masa en reposo y *C* es la constante de la velocidad de la luz (Caballero, 2014).

A pesar de la elegancia seductora de la ecuación de Dirac, Werner Heisenberg expresó su preocupación de que esta pudiera estar errada. Heisenberg fue uno de los muchos científicos que subrayaron un problema que Dirac había señalado en su primer artículo sobre la ecuación: esta formulación realizaba una extraña predicción con relación a los valores de energía que un electrón podía adquirir (Farmelo, 2009).

El dilema de Dirac consistía en que su ecuación predecía que, además de niveles de energía positiva que resultaban coherentes, un electrón libre también podía poseer niveles de energía negativa. Esta peculiaridad se debía a que su teoría coincidía con la teoría especial de la relatividad de Einstein, que establecía que la ecuación general para la energía de una partícula implicaba el cuadrado de esta.

Posteriormente, Paul Dirac se enfrentó al desafío de otorgar sentido a estas soluciones con energía negativa dentro del marco de la teoría cuántica. En la teoría clásica, las soluciones con energía negativa se habrían descartado debido a que no concordaban con los resultados experimentales observados. Sin embargo, en el contexto de la teoría cuántica, la situación adquiría una naturaleza distinta.

Para una comprensión más profunda, en la mecánica cuántica, los niveles de energía no se presentan de manera continua, sino que están cuantizados, como lo estableció Max Planck en su trabajo de 1900. Esto significa que los niveles de energía existen en valores discretos. Además, los electrones no se localizan en ubicaciones precisas, sino que se describen mediante una función de onda que indica la probabilidad de encontrar al electrón en diversas posiciones del espacio. Dado que la mecánica cuántica es intrínsecamente probabilística, incluso una perturbación mínima en el sistema puede dar lugar a una transición de un estado de energía positiva a uno de energía negativa. Esto se debe a que los electrones pueden cambiar de un nivel de energía a otro mediante la absorción o emisión de fotones con la energía adecuada.

En este contexto, Paul Dirac planteó una conjetura que sugiere una conexión entre soluciones energéticas negativas y partículas con una polaridad de carga opuesta a la del electrón. Sin embargo, la comprensión exhaustiva de esta idea requirió un proceso intelectual que se extendió por más de un año y medio. Finalmente, Dirac concluyó que la interpretación

más plausible era que el electrón con una carga positiva correspondía al protón, lo que permitiría una explicación coherente de las transiciones entre electrones y protones. Esta conceptualización de una relación intrínseca entre el electrón y el protón ofrecía una explicación satisfactoria para las soluciones energéticas negativas y su asociación con partículas de carga opuesta.

La teoría propuesta por Dirac en 1930, acerca de protones asumiendo roles análogos a los de los electrones en un mundo de estados energéticos negativos, planteó un escenario donde un número infinito de electrones ocuparían dichos estados, siguiendo el principio de exclusión de Pauli. Solo los estados desocupados, conocidos como *huecos*, serían identificables como entidades físicas observables.

Según la perspectiva de Dirac, el espacio vacío cuántico está poblado por partículas específicas, denominadas *agujeros de Dirac* o *antielectrones*, que poseen una carga inversa a la de los electrones convencionales y se consideran partículas con energía negativa. En esencia, el mar de Dirac representa un estado en el cual todos los niveles de energía negativa destinados a los electrones se encuentran completamente ocupados (Kragh, 2007).

Cuando un electrón convencional es excitado y alcanza un nivel de energía superior, deja una especie de vacante en el mar de Dirac. Esta ausencia de un electrón se interpreta como la creación de una partícula positiva con carga opuesta: *positrón*. De esta manera, la teoría de Dirac resolvió de manera elegante el enigma de la existencia de partículas con carga positiva, proporcionando una solución satisfactoria desde la perspectiva de la física teórica.

La sugerencia de Paul Dirac de que los huecos en su teoría podrían interpretarse como protones no fue inicialmente bien recibida por muchos destacados físicos, incluyendo a Niels Bohr. Si bien, este último reconocía que Dirac había presentado una teoría ingeniosa, consideraba que no ofrecía una solución más clara para abordar el problema que otros científicos (Farmelo, 2009). Del mismo modo, Werner Heisenberg compartió su escepticismo con Wolfgang Pauli: "el capítulo más lamentable de la física moderna es y sigue siendo la teoría de Dirac" (Bolles, 2004). A pesar de las críticas y la falta de apoyo inicial, Dirac perseveró y continuó su labor en el desarrollo de su teoría.

No obstante, la teoría de Dirac enfrentaba un desafío sustancial: la diferencia de masa entre el protón y el electrón. Dado que el protón tiene una masa aproximadamente dos mil veces mayor que la del electrón, surgía una inconsistencia fundamental en la teoría de Dirac. Este problema no pasó inadvertido y fue señalado de manera independiente por científicos como J. Robert Oppenheimer, Wolfgang Pauli y Hermann Weyl, quienes concluyeron que no existía ninguna solución plausible bajo esas condiciones. Como resultado, la hipótesis inicial de Dirac de que los huecos representaban protones no podía sostenerse (Caballero, 2014).

En 1931, quedó claro que la idea de Dirac de que los huecos eran protones no era viable, lo que lo impulsó a tomar un riesgo y plantear algo novedoso y atrevido: que, en realidad, los huecos eran nuevas partículas aún no descubiertas, a las que denominó *antielectrones*. De manera sorprendente, presentó esta idea discretamente en su artículo sobre la teoría de los monopolos magnéticos (Kragh, 2016).

En 1932, el físico estadounidense Carl D. Anderson realizó un experimento pionero en el que estudió la radiación cósmica cargada, mediante el uso de cámaras de niebla, lo que le permitió obtener la primera evidencia experimental de la existencia de positrones. Este descubrimiento, que recibió el Premio Nobel de Física en 1936, confirmó la teoría de la antimateria propuesta por Dirac. Durante el experimento, Anderson observó una partícula con carga positiva y la misma masa que un electrón, que se curvaba en dirección opuesta al campo

magnético aplicado en la cámara de niebla. Posteriormente, análisis adicionales confirmaron la carga positiva de la partícula (Aguilar, 2008).

Dirac consideró la observación del positrón, la antipartícula del electrón, como una confirmación espectacular de su ecuación del electrón. Sin embargo, lo que realmente le produjo mayor satisfacción fue encontrar la ecuación con la que encajaba el positrón. A pesar de ello, la comunidad científica internacional quedó sorprendida con la observación de la antimateria, aunque el recelo hacia la teoría de Dirac se mantuvo, en particular, sobre su idea de los huecos en un mar de energía negativa, que finalmente sería abandonada (Pais *et al*., 1998).

Este episodio ilustra la importancia de la crítica constructiva en la ciencia y cómo incluso las teorías propuestas por científicos distinguidos pueden enfrentar desafíos significativos. La comunidad científica no acepta las ideas sin un riguroso escrutinio y evidencia empírica y la historia de la física está marcada por momentos en los que las teorías revolucionarias tuvieron que ser modificadas o rechazadas con base en nuevas investigaciones y datos. La teoría de Dirac, a pesar de sus dificultades iniciales, condujo a desarrollos posteriores que contribuyeron a forjar nuestra comprensión actual del mundo subatómico.

Ahora bien, en la década de 1940, el físico estadounidense Richard Feynman realizó una contribución a la teoría de la electrodinámica cuántica (QED, por su sigla en inglés), que modela la interacción entre partículas portadoras de carga eléctrica. En su enfoque pionero hacia la QED a finales de los años 1940, Feynman introdujo una perspectiva novedosa sobre la antimateria, originalmente propuesta por Wheeler. En esta perspectiva, los positrones se conceptualizan como electrones cuyas trayectorias se invierten temporalmente, retrocediendo en el tiempo.

La descripción cuántica y relativista de la evolución de un electrón entre dos eventos requiere la inclusión de múltiples trayectorias posibles, incluyendo aquellas en las que el tiempo propio parece retroceder temporalmente. En este contexto, el electrón se manifiesta como un positrón. La presencia de positrones es ineludible, pues se requieren en tales configuraciones; por tanto, los positrones deben considerarse como entidades legítimas.

En esta interpretación, los positrones pueden ser concebidos como electrones que se desplazan hacia atrás en el tiempo, lo que implica una inversión de su carga eléctrica, pasando de ser negativa a positiva.

Este enfoque también tiene profundas implicaciones en el ámbito de la física de partículas. De acuerdo con la teoría de la relatividad especial de Einstein, el tiempo y el espacio están interrelacionados y conforman una estructura unificada conocida como espacio/tiempo, en la cual el tiempo se considera una dimensión adicional junto con las tres dimensiones espaciales. La interpretación Feynman-Wheeler del positrón sugiere que el tiempo puede ser contemplado como una dimensión suplementaria en la cual las partículas pueden transitar tanto hacia adelante como hacia atrás. Este concepto se vincula con el principio de incertidumbre de Heisenberg en la mecánica cuántica, que postula que la posición y el momento de una partícula no pueden ser determinados con precisión absoluta simultáneamente (Pais *et al*., 1998).

Es pertinente subrayar que esta perspectiva, aunque desconcertante y desafiante desde la óptica clásica del tiempo y la causalidad, no contradice de manera alguna las pruebas experimentales que respaldan la existencia de la antimateria. En cambio, esta teoría proporciona una explicación más profunda y congruente sobre la naturaleza de la antimateria, la cual puede ser articulada de manera más precisa y exhaustiva mediante la electrodinámica cuántica.

Para finalizar, esta teoría sugiere que los positrones son una consecuencia necesaria de la

descripción cuántica y relativista de la evolución de las partículas cargadas, en lugar de ser una partícula independiente que existe por sí sola. Esta nueva forma de entender la antimateria ha tenido un impacto significativo en la física de partículas, abriendo nuevas posibilidades para explorar las propiedades de la materia y la antimateria.

La importancia de la historia en la enseñanza de las ciencias: una herramienta valiosa para la docencia en física

La incorporación de la historia en la enseñanza de la física ha recibido amplio reconocimiento en la literatura educativa. La historia cumple un papel fundamental al proporcionar un contexto en el que los conocimientos emergentes cobran sentido y contribuyen a que los estudiantes comprendan la evolución de las teorías y conceptos científicos a lo largo del tiempo. En este contexto, la historia se revela como una herramienta valiosa para la pedagogía, ya que facilita la comprensión por parte de los estudiantes de la aplicación práctica de las teorías y conceptos científicos en la solución de problemas tanto cotidianos como sociales (Izquierdo Aymerich *et al*., 2016).

En el ámbito de la física, se ha enfatizado la relevancia de la historia por parte de diversos autores. La propuesta planteada por Ayala (2016) resalta que los profesores de ciencias no deben limitarse a enseñar únicamente las teorías y fórmulas, sino que también deben contextualizar su desarrollo histórico y los desafíos que condujeron a su formulación. La inclusión de la historia de la física puede ser de gran ayuda para que los estudiantes no se limiten a un conocimiento superficial de las teorías y conceptos, sino que desarrollen una comprensión más profunda y significativa de esta disciplina (Ayala, 2016).

En el contexto de la investigación científica, es relevante la historia de la ciencia en la formación de docentes. Siguiendo la perspectiva delineada por García-Martínez (2009, citado por Izquierdo Aymerich *et al*., 2016), la historia de la ciencia es trascendental como instrumento pedagógico destinado a enriquecer la preparación de futuros profesores. Esta dimensión les permite no solo profundizar en el contenido de su área de especialización, sino también abordar de manera crítica el proceso de generación y transmisión del conocimiento científico.

Para los educadores de ciencias que integran el conocimiento histórico en su formación, se abre la oportunidad de enriquecer su comprensión y apreciación de la ciencia en su totalidad, al capacitarlos para ejercer un papel más eficaz como pedagogos y líderes en el entorno educativo. Este enfoque proporciona una base sólida para que los docentes no solo enseñen conceptos científicos, sino que también fomenten la reflexión crítica y la apreciación de la ciencia como un proceso dinámico y en constante evolución (Godoy, 2015)

En la física cuántica, el estudio de la evolución histórica del concepto de antipartícula genera y proporciona información valiosa para superar las dificultades en su comprensión. Al explorar el origen de las ideas relacionadas con la antimateria y las antipartículas, tanto profesores como estudiantes pueden lograr un mejor entendimiento del significado y la aplicación de este concepto en la física contemporánea. En este sentido, abordar las raíces del concepto resulta más beneficioso que centrarse exclusivamente en las definiciones encontradas en la literatura, tal como señalan Solbes y Sinarcas (2010).

En el ámbito educativo, es esencial considerar los modelos pedagógicos que mejor se adapten a los objetivos de aprendizaje buscados. En este contexto, el modelo de investigación se presenta como la elección más idónea para abordar la comprensión del

concepto de *antipartícula*, ya que concede un lugar central al estudiante, y lo reconoce como un agente activo y participativo en la adquisición de conocimiento.

Este modelo parte de la premisa fundamental de que los estudiantes poseen conocimientos previos que les permiten formular suposiciones y opiniones sobre la información presentada. De esta manera, posibilita que los alumnos construyan su propio entendimiento acerca del concepto de *antipartícula* a través de procesos investigativos que les habilitan para explorar y analizar la información desde una perspectiva crítica y constructivista. Además, el modelo de investigación enfatiza la importancia de la estructura interna del conocimiento científico y busca identificar las problemáticas inherentes a este campo, idóneas para la enseñanza de las ciencias. En el caso de la antipartícula, este enfoque puede apoyarse en la detección de problemas específicos que han impulsado su formulación y desarrollo; también, reconoce la posible discrepancia entre el conocimiento cotidiano y el científico, pero su enfoque constructivista en la producción del conocimiento y su énfasis en la resolución de problemas lo convierten en una herramienta sumamente valiosa, sobre todo cuando se abordan conceptos de alta complejidad, como el de la antipartícula.

Fomento de la comprensión crítica de la ciencia: hacia la construcción de una educación basada en los fundamentos epistemológicos

Como profesionales de la educación, es nuestra responsabilidad transmitir a nuestros estudiantes una comprensión profunda y crítica de la ciencia y del conocimiento científico. Para lograr este objetivo, es esencial que comprendamos los fundamentos epistemológicos que subyacen en la construcción del conocimiento y la naturaleza de la ciencia (Vera *et al*., 2004).

La ciencia es un proceso constante de exploración, análisis y corrección. Los científicos trabajan con hipótesis y teorías que son susceptibles de ser cuestionadas y mejoradas a medida que se adquiere nuevo conocimiento. Por tanto, el conocimiento científico no es una certeza absoluta, sino que es una aproximación cada vez más precisa a la realidad (Porlán, 2018). Para alcanzar una comprensión profunda y crítica de la disciplina, resulta esencial que los estudiantes asimilen los conceptos fundamentales, tal como el concepto de partícula previamente mencionado. Asimismo, es pertinente que se familiaricen con la metodología científica, internalicen la relevancia del trabajo colaborativo y adopten una actitud crítica y receptiva frente al conocimiento científico.

Debemos ser conscientes de que la comprensión de la naturaleza de la ciencia no es algo que se pueda enseñar de forma aislada, sino que debe ser integrada a la enseñanza de las ciencias en su transversalidad. Los estudiantes deben ser expuestos a situaciones en las que puedan aplicar los conceptos y habilidades aprendidos en contextos reales y significativos. La comprensión de la naturaleza de la ciencia capacitará a nuestros estudiantes para desarrollar habilidades críticas y reflexivas, permitiéndoles analizar y evaluar la información científica de manera rigurosa y fundamentada. Además, facilitará la comprensión de la trascendencia de la ciencia en la sociedad y su contribución a la resolución de problemas y desafíos a nivel global.

El conocimiento, en su sentido más amplio, puede definirse como la comprensión que se adquiere de un fenómeno después de estudiarlo o experimentar con él. Sin embargo, el conocimiento científico va más allá al proporcionarnos la capacidad de interactuar con ese fenómeno y hacer predicciones sobre su comportamiento futuro. No se limita simplemente a adquirir información, sino que implica construir nuestro pensamiento, desarrollar habilidades y comprender los fundamentos epistemológicos que subyacen en su construcción.

Un ejemplo que ilustra esta idea es la comprensión del concepto de antipartícula. Esta comprensión no solo tiene implicaciones teóricas en la física, sino que también tiene aplicaciones prácticas en otros campos, como es el caso de la tomografía por emisión de positrones en la medicina.

La física se destaca como una ciencia fundamental y crucial en el desarrollo de la sociedad moderna. El estudio de la naturaleza y el universo, junto con la creación de tecnologías innovadoras, ha tenido un impacto significativo en la vida cotidiana de las personas. Por tanto, la investigación en este campo es de gran importancia para seguir avanzando.

Después de una exhaustiva investigación acerca de los métodos epistémicos, se ha concluido que el enfoque más efectivo para abordar el estudio de la antipartícula es el racionalismo. Este método se fundamenta en la utilización de la razón y la lógica deductiva para la formulación y desarrollo de teorías e ideas científicas. En particular, la concepción de la antipartícula surge de la aplicación rigurosa de principios racionales, como la simetría y las leyes de conservación, en el ámbito de la física de partículas (Manzo y Calvente, 2022).

Los principios racionales que se abordan en este contexto resultan trascendentales para una comprensión cabal de la naturaleza de la antipartícula y su íntima relación con la materia. Un ejemplo paradigmático de esta relevancia radica en la noción de *simetría*, la cual constituye una propiedad fundamental en el seno de las leyes físicas que gobiernan nuestro universo. A su vez, las leyes de conservación de la carga eléctrica y de la energía emergen como pilares para desentrañar la misma existencia de las antipartículas.

Convendría destacar que la comprensión del concepto de antipartícula no ostenta únicamente un carácter teórico dentro del ámbito de la física. Su relevancia trasciende estas fronteras y se proyecta hacia aplicaciones prácticas de gran envergadura en campos tan variados como la medicina, en particular en tecnologías de vanguardia como la tomografía por emisión de positrones. La física, erigida como una ciencia fundamental, cumple un papel insustituible en el desarrollo de la sociedad moderna, al facultarnos con la capacidad de comprender la intrincada naturaleza del universo que nos rodea, y al permitir la concepción y materialización de innovadoras tecnologías que influyen directamente en nuestra vida cotidiana.

En este contexto, la investigación en física, en especial en el estudio de las antipartículas, requiere una aplicación rigurosa del racionalismo científico, que se fundamenta en la razón y la lógica deductiva para edificar teorías científicas robustas. Al alcanzar una comprensión profunda de los pilares de la física y, en concreto, del concepto de antipartícula, los estudiantes adquieren una herramienta invaluable que les posibilita para la implementación efectiva de sus conocimientos en escenarios prácticos. Este conocimiento se traduce en la formación de ciudadanos críticos y reflexivos, capacitados para afrontar los retos globales con eficacia.

Por tanto, se erige como imperativo que los educadores promuevan la enseñanza de la física con un enfoque orientado al desarrollo de habilidades críticas y reflexivas en los estudiantes que los habiliten para comprender el método científico y su aplicabilidad en diversos contextos.

Conclusiones

A lo largo de este documento, nos hemos adentrado en el apasionante campo de la física cuántica y la antimateria, principalmente en la destacada contribución de Paul Dirac y las reflexiones de Richard Feynman. En este contexto, hemos resaltado cómo la formulación de la ecuación de Dirac representó un hito trascendental en la física al unificar las teorías

relativistas y cuánticas, al mismo tiempo que anticipaba la existencia de la antimateria. A pesar de las incertidumbres iniciales y las controversias, la confirmación experimental del positrón validó su concepción y subrayó la importancia de la crítica constructiva en la investigación científica.

La perspectiva de Feynman, que consideraba a los positrones como electrones retrocediendo en el tiempo, ejemplifica el constante cambio de paradigmas y enfoques innovadores que caracterizan el progreso científico, como desafío a nuestras concepciones tradicionales. Además, hemos señalado la incorporación de la historia de la ciencia en la enseñanza, ya que proporciona un contexto esencial para comprender el desarrollo de las teorías científicas y su evolución a lo largo del tiempo. Su comprensión aporta al desarrollo del pensamiento crítico entre los estudiantes, y para que estos aprecien la naturaleza dinámica y cuestionadora de la investigación científica.

Hemos subrayado en los fundamentos epistemológicos de la ciencia y la necesidad de una educación que promueva la reflexión crítica. El conocimiento científico no es estático ni se aferra a dogmas, sino que progresa y se enriquece continuamente a través de la investigación y la aplicación de principios racionales. En esta exploración, hemos ilustrado cómo la física –en particular, el estudio de la antimateria– ha sido fundamental para la comprensión del universo y el desarrollo de tecnologías que tienen un impacto directo en nuestra vida cotidiana. La ciencia, cuando se aborda con meticulosidad y una actitud abierta hacia nuevas ideas, constituye una poderosa herramienta para explorar y transformar el mundo.

Referencias

Aguilar Benítez de Lugo, M. (2008). Antimateria, superconductividad, *Big Bang*, la Estación Espacial Internacional y los vuelos interplanetarios. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 102*(1), 37-63. https://rac.es/ficheros/doc/00678.pdf

Ayala, M. M. (2016). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posições, 17*(1), 19-37. https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/proposic/article/view/8643653

Bolles, E. B. (2004). *Einstein defiant: Genius versus Genius in the quantum revolution*. Joseph Henry Press.

Caballero Carretero, J. A. (2014). *Pauli. Los electrones bailan.* National Geographic.

Farmelo, G. (2009). *The strangest man: The hidden life of Paul Dirac*. Quantum Genius. Basic Books

Garnica Garzón, Y. A., Salamanca Bernal, J. A. y Rodríguez Patarroyo, D. J. (2022). *Shrodinger, Klein-Gordon, Dirac: una mirada a la teoría cuántica de campos*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Godoy Morales, O. L. (2015). La didáctica de las ciencias y su relación con la historia y la filosofía de la ciencia. En W. M. Mora Penagos (ed.), *Educación en ciencias: experiencias investigativas en el contexto de la didáctica, la historia, la filosofía y la cultura* (pp. 15-34). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Izquierdo Aymerich, M., García Martínez, Á., Quintanilla Gatica, M. y Adúriz-Bravo, A. (2016). *Historia, filosofía y didáctica de las ciencias: aportes para la formación del profesorado de ciencias.* Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Kragh, H. (2007). *Generaciones cuánticas*. Ediciones Akal.

Kragh, H. (2012). *Niels Bohr and the quantum atom: The Bohr model of atomic structure, 1913-1925*. Oxford University Press.

Kragh, H. (2016). *Simply Dirac*. Simply Charly.

Manzo, S. y Calvente, S. (2022). El empirismo y el racionalismo modernos: definiciones, evaluaciones y alternativas. En S. Manzo (coord.), *Filósofas y filósofos de la modernidad: nuevas perspectivas y materiales para el estudio* (pp. 22-43). Universidad Nacional de La Plata. https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/libros/pm.5401/pm.5401.pdf

Pais, A., Jacob, M., Olive, D. I. y Atiyah, M. F. (1998). *Paul Dirac, the man and his work*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511564314

Porlán Ariza, R. (2018). Didáctica de las ciencias con conciencia. *Enseñanza de las Ciencias, 36*(3), 5-22. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2795

Sánchez Ron, J. M. (2001). *Historia de la física cuántica*. Crítica.

Solbes, J. y Sinarcas, V. (2010). Una propuesta para la enseñanza aprendizaje de la física cuántica basada en la investigación en didáctica de las ciencias. *Revista de Enseñanza de la Física, 23*(1-2), 57-84. https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/7995

Vásquez May (traductor). (2015). La génesis de la teoría relativista de electrones de Dirac (texto original de Helge Kragh). *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica, 53*(137). https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/filosofia/article/view/21341

Vera Rojas, M. del P., Illicachi Guzñay, J. y Ponce Naranjo, G. (2018). Fundamento teórico de las bases epistemológicas de la pedagogía: análisis crítico. *Revista Boletín Redipe, 6*(9), 38-52. https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/349

Reflexiones para la enseñanza de las ciencias: perspectivas sobre las relaciones entre ciencia-política y ciencia-religión

Reflections for the Teaching of Sciences: Perspectives on the Relationships between Science-Politics and Science-Religion

Paula Alejandra Cardona-Torres*

Cómo citar este artículo:
Cardona-Torres, P. A. (2023). Reflexiones para la enseñanza de las ciencias: perspectivas sobre las relaciones entre ciencia-política y ciencia-religión. *Pre-Impresos Estudiantes,* (23), 37-41.

> la ciencia solo puede ser creada por quienes están profundamente imbuidos del anhelo de verdad y comprensión. La fuente de estos sentimientos proviene, sin embargo, de la esfera religiosa. A ella pertenece también la fe en la posibilidad de que las normas que rigen al mundo de lo existente sean racionales, esto es, asequibles por medio de la razón. No puedo concebir a un auténtico científico que carezca de esa profunda fe. Todo esto puede expresarse con una imagen: la ciencia sin la religión está coja, y la religión, sin la ciencia, ciega.
>
> Einstein, A. (citado por Wilber, 1988, p. 166).

Resumen

El presente ensayo expone algunos elementos referentes a las dicotomías de ciencia-política y ciencia-religión, que han alimentado algunas perspectivas del campo discursivo de las ciencias y la actividad científica. Asimismo, se realiza una reflexión sobre la importancia de considerar los aportes epistémicos propios de la historia, filosofía y sociología en la construcción del pensamiento crítico, de manera que permita replantear las prácticas pedagógicas de los docentes especializados en las Ciencias Naturales. Lo anterior deriva de una serie de debates que se han efectuado a la luz de ciertas lecturas en torno a las imágenes de ciencia-realidad, en el contexto del componente de historia y epistemología de las ciencias, de la propuesta formativa de la

* Magíster en Docencia de las Ciencias Naturales (2023) y Licenciada en Física (2016), Universidad Pedagógica Nacional. Actualmente trabaja como docente en la Secretaría de Educación de Bogotá. Obtuvo matrícula de honor en la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales durante tres semestres. Participó en XVIII Semana de la Enseñanza de la Física, Universidad Distrital Francisco José de Caldas (2015), Bogotá D. C., y en el VII Congreso Internacional de Enseñanza de la Física: "Primera escuela latinoamericana de enseñanza de las ciencias y la astronomía", Universidad del Valle (2014), Santiago de Cali. Interesada en la enseñanza de la astronomía y la astrofísica en la escuela. pacardonat@upn.edu.co

Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional.

Palabras clave: enseñanza de las Ciencias Naturales; filosofía de las ciencias; actividad científica

Abstract

The present paper elucidates some elements related to the dichotomies of science-politics and science-religion, that have influenced some perspectives within the discursive field of science and scientific activity. Likewise, a reflection is made on the importance of considering the epistemic contributions of history, philosophy, and sociology in the construction of critical thinking, which allows rethinking the pedagogical practices of teachers specialized in Natural Sciences. The aforementioned considerations stem from a series of debates conducted in light of specific readings concerning to the images of science-reality, in the context of the history and epistemology of sciences component, of the educational proposal of the Master's Degree in Teaching of Natural Sciences, at the Department of Physics of the National Pedagogical University.

Keywords: Natural Science education; philosophy of science; scientific activity

Posibilidades para una dialéctica entre ciencia y política

La mirada crítica hacia los esquemas establecidos por la ciencia, mediante los métodos y prácticas que se creen fundamentales en la búsqueda de la verdad, ha generado una serie de discusiones, epistemológicas y filosóficas, alrededor de las formas que se consideran únicas para comprender la realidad. El acercamiento clave de estas controversias se evidenció a través de la obra del filósofo y sociólogo de la ciencia Bruno Latour, *La esperanza de pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia* (2001), que transgrede la brecha entre científicos y las personas involucradas con los estudios de la ciencia; a partir del análisis sobre las relaciones entre sujeto/objeto, mente/realidad, lo humano/no humano, que emergen de la reflexión acerca de la antigua filosofía de las ciencias.

En esta obra, Latour examina las corrientes de pensamiento de filósofos como Descartes y Kant, quienes, desde su postura racionalista, proponen ciertos criterios determinantes en esos estudios sobre la realidad. En este sentido, Descartes aborda el acceso a la realidad mediante la concepción de un mundo exterior, lo cual resulta en la separación entre el observador y lo observado, y se crea, así, la idea de un *cerebro en una cuba*, que mantiene una conexión directa con Dios. Por otro lado, Kant establece los conceptos de *a priori* y *a priori universales,* con los que plantea la posibilidad de un mundo *en sí* independiente de los objetos. Sin embargo, Latour (2001) resalta la importancia de reconocer que estos métodos filosóficos de búsqueda de la verdad, que plantean la invención de un *mundo exterior*, acentúan significativamente las dicotomías previamente expuestas. La ciencia, al estar inmersa en actos intencionales humanos, no puede ser concebida como una forma única e inmutable de proceder en el mundo real. Esto abre la posibilidad de la veracidad de la verdad para científicos y no científicos.

Ante la importancia de establecer una ciencia objetiva y democrática, Latour (2001) hace una analogía interesante, a partir de su análisis del diálogo de Sócrates y Calicles sobre *el derecho* y *el poder,* basado en la obra *Gorgias*, de Platón.[1] En su observación, el autor argumenta que la originalidad de los estudios de la ciencia radica en la posibilidad de romper con las dicotomías científicos/no científicos y sabios/población en general. Además, propicia un espacio de reflexión donde es posible reconocer que no

1 Es importante mencionar que el hecho de que el conocimiento quede en manos de un "selecto grupo de expertos" restringe, por ejemplo, el debate político.

son los doctos quienes únicamente hablan de ciencia. De ahí que la relación entre ciencia y política se centre en establecer una dialéctica entre a la política y la razón, enmarcada en la necesidad de romper con las estructuras de dominio del conocimiento científico.[2]

Un camino inacabado: debates en torno a ciencia y religión

La consideración de la aparente divergencia entre ciencia y religión, por otro lado, conduce a examinar hechos de la historia que marcaron el desarrollo de la actividad científica, la cual surgió en el campo de la astronomía. La aproximación a este debate fue propiciado por las lecturas de Bertrand Russell (1951), quien relata las ideas contrapuestas que se produjeron durante las controversias sobre los modelos cosmológicos en la Edad Media.

Russell (1951) describe las disputas en torno a la ubicación de la Tierra y el sol. En su revisión histórica, reconoce el poder de la iglesia ortodoxa sobre la sociedad de la época, que da lugar a una especie de *batalla* entre teología y ciencia. En este aspecto, se resalta el modelo cosmológico propuesto por Ptolomeo, en la cual la Tierra estaba en reposo y ocupaba el centro del universo, alrededor de la que orbitaban los planetas, el sol, la luna y las estrellas fijas; modelo que fue aceptado como verídico por muchas centurias. Sin embargo, en el siglo XVI, Nicolás Copérnico planteó una idea que modificó radicalmente la concepción del sistema solar e, incluso, cuestionó la percepción del movimiento del sol en el cielo durante el día.[3]

Figura 1. *Ligeiro, F. Evolucionismo Teísta.*

Fuente: Wikipedia (2021).

La disputa durante la Edad Media, entre quienes censuraban la teoría copernicana, a la que consideraban herética, y quienes apoyaban sus ideas, como Galileo Galilei y Giordano Bruno, evidenció una ciencia restringida por las doctrinas religiosas imposibles de cuestionar en ese momento. Más aún, la configuración del modelo de Ptolomeo traía consigo réplicas que, desde la teología y los dogmas de la iglesia, se dirigían directamente a la idea misma del creador. En este sentido, el hecho de relegar la Tierra a ser un planeta más en el sistema solar, que gira alrededor de una estrella, hace controversial los propósitos de Dios sobre la creación del universo, especialmente en lo que se refiere a los seres humanos.

Este contexto se asemeja a las polémicas suscitadas por Charles Darwin, como expone Richard Dewitt (2010), en alusión a las implicaciones religiosas que tuvo la teoría de la evolución. Tal como sucedió en la época de Copérnico, Galileo y Bruno (con la diferencia que ellos enfrentaron la Inquisición), Darwin también tuvo desacuerdos con la Iglesia en cuanto a la percepción de Dios, a la luz de esas creencias dogmáticas que han perdurado por siglos. Desplazar a la Tierra y, por ende, al ser humano del centro del universo (como en el modelo heliocéntrico) y equipararlo al mismo nivel evolutivo del resto de las especies (como plantea la teoría evolutiva), cuestiona la existencia de

2 Las reflexiones que realiza Latour sobre la importancia de apostar a una *doble circulación* del cuerpo político: de la ciencia libre de la política y la política libre de la ciencia.

3 El conocimiento empírico permitió, por muchos siglos, estar conformes con el modelo establecido por Ptolomeo. Puesto que, al observar el cielo, era evidente que el cambio de posición era del sol y no de la Tierra. Sin embargo, hubo algunos aportes en contraposición de estas ideas, especialmente en lo que refiere al movimiento de la Tierra, por parte de Aristarco de Samos.

un ser supremo responsable de todo en el cosmos y de la creación de la vida en la Tierra, a su imagen y semejanza.

Teniendo en cuenta lo anterior, las discusiones en torno a ciencia y religión abren nuevas perspectivas que superan las brechas en cuanto a las formas y métodos que contribuyen a la comprensión de ciertos fenómenos. Así mismo, posibilitan adoptar una postura crítica frente a los fundamentos y prácticas en la formulación de teorías científicas. Por este motivo, puede ser clave identificar las preocupaciones históricas que han surgido desde esta perspectiva, con el fin de determinar la importancia de los cuestionamientos en el desarrollo del conocimiento científico, las cuales deben ser consideradas fundamentales en la educación en ciencias.

Aportes para pensar la enseñanza de las ciencias

Según lo expuesto, es importante considerar estos aspectos epistemológicos y filosóficos en la enseñanza de las ciencias, ya que ayudan a situar elementos teóricos relevantes en la educación, al pensar el conocimiento científico en las aulas. De hecho, reconocer los detalles históricos relacionados con la invención de leyes, principios y teorías, permite construir la percepción propia de este campo de estudio, pues se desplaza la visión de la ciencia como un saber exclusivo de eruditos y doctos. Igualmente, promueve la reflexión sobre las condiciones propias en las cuales la ciencia se configura de la manera en que se conoce. Puesto que parece que las ciencias exactas tienen un concepto de verdad que homogeneiza y proporciona una comprensión verídica del mundo, es relevante asumir, primero, que la *actividad científica* es en realidad un proceso en el que el conocimiento es variable, se estructura y reestructura constantemente, en la medida en que interactuamos y aprendemos con otros; y segundo, que la ciencia está inmersa en la cultura y emerge de ella.

En este sentido, es necesario profundizar en las condiciones en las que se lleva a cabo la *actividad científica* en las escuelas. Las instituciones educativas en Colombia enfrentan diversas limitaciones, al menos en lo que respecta a la enseñanza básica y media, debido a las exigencias del cumplimiento de los estándares de educación nacional, los derechos básicos de aprendizaje y la preparación para las pruebas saber. Estas limitaciones dificultan la reflexión sobre aquellas características de algunos hechos científicos, y restringen la posibilidad de cuestionar en y sobre los contextos educativos frente a las ciencias, lo que puede llevar a asumir que la ciencia *es como es*, indiscutible y exacta.

Lo anterior deriva incluso de los recursos para la preparación de las clases, donde las temáticas quedan limitadas en cuanto al enfoque histórico, filosófico y epistemológico. La mayoría de los textos escolares no abordan las preocupaciones y controversias sobre el origen del conocimiento científico y que constituyen un elemento fundamental para generar estrategias de enseñanza de las ciencias en el aula. Como afirmó Kuhn (1962), "si se considera a la historia como algo más que un depósito de anécdotas o cronología, puede producir una transformación decisiva de la imagen que tenemos actualmente de la ciencia" (p. 20).

Los planteamientos aquí expuestos, sobre las relaciones ciencia/política y ciencia/religión, permiten comprender la importancia de la reflexión crítica alrededor de la dialéctica que pretenden sostener. Como maestros de este campo de conocimiento, es fundamental desligarnos de las ideas sobre la ciencia, impuestas a través de los medios de comunicación, los textos e, incluso, la misma escuela. Entender que *lo científico* puede ser accesible para todos, ya que es parte indiscutible de la interacción humana, produce un cambio en las concepciones

previas, donde únicamente los expertos tenían un acceso privilegiado a la verdad. De ahí que, pensar la *actividad científica*, los problemas, debates o controversias alrededor de las leyes, principios o teorías tanto clásicas como contemporáneas, proporciona un panorama más estructurado que alienta a crear espacios en las aulas de clase, pues destaca la pertinencia de situar estas preocupaciones en el eje de las prácticas pedagógicas y didácticas, aspectos fundamentales en la enseñanza de las ciencias naturales.

Referencias

Dewitt, R. (2010). *Cosmovisiones: una introducción a la historia y la filosofía de las ciencias*. Editorial Buridán.

Kuhn, T. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica.

Latour, B. (2001). *La esperanza de pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*. Editorial Gedisa.

Russell, B. (1951). *Religión y ciencia. Bases del conflicto.* Fondo de Cultura Económica.

Russell, B. (1951). *Religión y ciencia. La revolución copernicana.* Fondo de Cultura Económica.

Primeras letras

Este espacio está abierto a la publicación de documentos de estudiantes de la Facultad de Ciencia y Tecnología, de una amplia variedad de temas y géneros de escritura, ya sea cuentos, poesía, ensayos, reseñas, entre otras posibilidades. Invitamos a quienes cultivan el gusto por la comunicación escrita a participar y a compartir sus pensamientos, historias e intereses con la comunidad universitaria, a través de esta sección. Con esta iniciativa, buscamos fomentar un sentido de comunidad y apoyar a las personas interesadas en dejar la huella de su escritura. Contamos con sus contribuciones para los próximos números y, a continuación, compartimos las siguientes colaboraciones.

La vida después de la guerra

Laura Daniela Barragán-Navarro*

Tras regresar de la guerra, Carlos ya no era el mismo. Volvió trastornado, no sabía cómo convivir en sociedad; en las noches asustaba a los vecinos con sus gritos, además amenazaba con revólver a los niños y no se reconocía a sí mismo. Su extraña conducta hacía que las personas de la pequeña comunidad donde vivía evitaran todo tipo de contacto con él; al verlo en la calle, se apartaban de su lado o simplemente lo ignoraban.

Una noche de camino a su casa, unos jóvenes empezaron a seguirlo, él corrió e intentó perderlos, pero sin darse cuenta terminó en un callejón sin salida. Arrinconado, los jóvenes se lanzaron sobre él y de inmediato empezaron a agredirlo; lo llamaron loco, le dijeron que se fuera de la ciudad y lo golpearon sin compasión, advirtiéndole que la próxima vez lo matarían.

Aquel día nadie le quiso ayudar, pues todos temían a sus reacciones, incluso, al llegar al hospital, los médicos se le acercaban con cautela. La policía no le creyó su versión y los culpables nunca aparecieron.

Cansado del rechazo de la gente, Carlos decidió irse a vivir a una montaña, en búsqueda de paz y para lograr un cambio total. Allí, su vida mejoró notablemente. Todas las mañanas salía a correr con su perro, pero antes se aseguraba de tener bien atados los lazos de los zapatos para evitar un accidente, cuando llegaba a su casa iba al balcón a beber una taza de café, mientras veía los pájaros pasar, aunque había ciertas cosas que extrañaba de su vida anterior, como la comida china o ir al gimnasio.

Un día decidió crear una identidad que le permitiera realizar estas actividades sin temor a ser criticado. Después de haber estado semanas pensando en cómo sería aquella nueva identidad, al fin estaba listo para iniciar su plan; comenzó yendo a donde nadie lo conocía; adoptando una personalidad completamente distinta a la que solía tener, se convirtió en un hombre amable y carismático que le gustaba relacionarse con todos y contar sus anécdotas.

Al principio, debido a sus malas experiencias pasadas, solo iba a comer o al gimnasio, pero

* Estudiante de Licenciatura en Física. Participante en el grupo de estudio del International Physics Tournament [ITP] de la UPN, disfruta de la lectura y la investigación. Busca comprender el universo tanto a través del estudio de las ciencias como de la filosofía, con la intención de enriquecer su formación y perspectiva académica. ldbarragann@upn.edu.co

poco apoco empezó a relacionarse con mucha más gente de aquel lugar y se hizo más reconocido. La gente al verlo en la calle no paraba de saludarlo, lo abrazaban e incluso le regalaban frutas; a su perro le decían: "¡Qué perro tan chimba!".[1] Finalmente, Carlos había encontrado la felicidad.

Una mañana que parecía como cualquier otra, salió a hacer su rutina de ejercicio, pero aquel día era muy especial, pues después de mucho tiempo, al fin tendría una cita con una joven de quien estaba muy enamorado. Como de costumbre, empezó a alistarse, se puso sus zapatos, sin embargo, por el afán y la emoción del día, en esta ocasión no los ató bien. Cuando estaba listo, comenzó a bajar las escaleras, pero desafortunadamente se enredó con los lazos, cayó y recibió un golpe muy fuerte en la cabeza. ¡Todo había llegado a su fin!

Cuando recuperó la conciencia y aún mareado por los calmantes que le habían dado, Carlos se dio cuenta de que seguía amarrado a su cama, con una camisa de fuerza... Una vez más, había fracasado en su plan de lograr una vida perfecta.

1 Expresión coloquial utilizada en Colombia, que en este caso se refiere a algo o alguien que es genial o muy bueno en alguna forma.

En un lugar sin límites, metaforizaciones del silencio

Hay sonidos que se cuelan en el seno del silencio sin alterar su orden.

David Le Breton, *El silencio: aproximaciones*.

Camila Andrea Parra-Hernández*

Cómo citar este artículo:
Parra-Hernández, C. A. (2023). En un lugar sin límites, metaforizaciones del silencio. *Pre-Impresos Estudiantes*, (23), 22-24.

Aunque el silencio sea interpretado comúnmente como una imposibilidad *lingüística-sonora*, igualmente muestra pequeños espacios de tiempo o pausas inscritas en una pieza musical. John Cage, en la entrevista documental *Ecoute*, en Nueva York, lo redefine como una ficción que nos lleva a obviar el sonido (Miroslav, 1992). En su obra *4'33"*, o *Silence,* creada en 1952, se sienta inmóvil frente a un gran piano en un escenario rodeado de personas, interpreta los silencios escritos en la partitura por un par de minutos y luego se retira. El autor, al ejecutar la partitura y luego retirarse, muestra que los sonidos y los silencios pertenecen a una estructura lógica con miles de combinaciones similares que permiten hacer música. Al mismo tiempo, señala que solo podemos notar el silencio por la ausencia del sonido, con lo que establecemos un límite en aquello que llamamos *vacío sonoro*. Entendemos el silencio en el sentido de la percepción o apreciación de *algo* elegido y aprobado para sonar, como un instrumento, y *algo* que no, como la caída de un lápiz. Es una manera de analizar el vacío y el sonido como símiles, dados por hecho en la pieza musical. Controlamos el azar de los sonidos y establecemos un molde perceptivo.

Este análisis desenmascara el silencio, comúnmente definido como ausencia en un espacio de tiempo (duración), y lo sitúa en un segundo plano que omite otros sonidos del ambiente como los pájaros, un plato por caer, el

* Licenciada en Filosofía, Universidad Pedagógica Nacional, dedicada a la escritura creativa, narrativa y de ensayos. A lo largo de su carrera, ha explorado diferentes herramientas conceptuales y estructuras que le han permitido desarrollar su escritura de maneras sensibles y diversas, para sanar y resignificar su mundo desde el saber académico. camila.andrea.parra.hernandez@gmail.com

murmullo del viento,[1] un eco indiferente, un silencio azaroso que siempre ha existido donde poco se interviene, un *let it be* (dejar ser) permanente e indefinido, en términos de duración musical, en nuestras vidas.

Ya lo dice Kafka en el *Silencio de las sirenas* (2003), que muestra un Ulises encadenado al mástil de su barco, privado de sus sentidos y orgulloso de la estrategia que le permitirá soportar (literalmente) el canto de las sirenas. Por más fuerte que suene, él solo quería ignorar los cantos que pocos habían escuchado y sobrevivido:

> Para protegerse del canto de las sirenas, Ulises tapó sus oídos con cera y se hizo encadenar al mástil de la nave, aunque todo el mundo sabía que este recurso era ineficaz, muchos navegantes podían haber hecho lo mismo, excepto aquellos atraídos por las sirenas ya desde lejos. El canto de las sirenas lo traspasaba todo, la pasión de los seducidos habría hecho saltar prisiones más fuertes que mástiles y cadenas. Ulises no pensó en eso, si bien quizá alguna vez, algo había llegado a sus oídos. Se confió por completo con sus pequeñas estratagemas, navegó en pos de las sirenas con alegría inocente. (p. 1)

En el fragmento percibimos el silencio como una limitación sensorial y perceptual que lleva a Ulises a ignorar conscientemente los cantos de las sirenas. Al igual que el silencio ficcional de Cage, damos por sentado que obviar el sonido de fondo es algo normal o habitual. Aprendemos que en un mundo tan ruidoso y acelerado —como la vida en una ciudad—, si no logras abstraerte sucumbes. Entonces debes mutilar parte del sentido del oído y adquirir un panorama parcial y limitado de todos los sonidos que existen.

Aprendemos a reducir el sonido y el silencio a la música aceptada socialmente; de manera ingenua, nos sumergimos en una lógica limitada de interpretación social que nos dice qué y cómo escuchar. Encuadra nuestro oído y niega *otros* silencios, sonidos y figuras que viven fuera del ámbito musical tradicional de *tempo* y duración. Colocamos un velo ficcional sobre aquello que nos resistimos a escuchar.

Esta figura del silencio funciona muy similar al poder normativo que nos dice cómo situarnos o encuadrarnos para percibir el mundo y seguir reproduciendo comportamientos sobre los cuerpos; en otras palabras, cómo dominarlos (concepto expuesto en el primer ensayo). Por ello, cuando apoyamos la afirmación de Cage sobre el silencio como una ficción, nos situamos en un lugar cómodo, donde preferimos voltear la mirada y avalar diversos acontecimientos recurrentes en nuestros contextos, es decir, lo mandamos al segundo plano. De la misma forma que Ulises usa diferentes elementos para limitar sus sentidos, pasa por alto las intensidades, tonalidades y matices que manifiestan los cantos de las sirenas. Estos pueden interpretarse como gritos desesperados, experiencias y sentimientos sublimes alojados en la piel, los ojos, los oídos y el olfato de cada sujeto; reducidos, parcializados y condenados al mutismo, a un campo donde todo es posible.

Los acontecimientos cubiertos por el silencio se traducen en mutismos prologados que representan una figura de represión (que en el peor de los casos pueden terminar en la reducción radical del sujeto). Analogía adaptada por nosotras a los permanentes ejercicios de poder con vestigios de violencia que sufren nuestros cuerpos. El silencio (figura clásica) esconde sensaciones estridentes y grotescas, creando espacios, vistos y escuchados por todos que facilitan acciones sobre el cuerpo. De esta manera afirmamos que se nos enseña permanentemente a automutilar el oído, la vista, el tacto, los encuadra y los limita. Al igual que

1 Esta definición se origina en mi experiencia previa en el ámbito musical antes de ingresar a la carrera. En la música, se suele asociar y estructurar una variedad de sonidos en lo que se denomina una pieza musical compositiva. Sin embargo, desde una perspectiva social, el silencio emerge como una figura inundada de ruido.

Ulises, sin percibir, ingenuamente amarrado al mástil de su barco.

Así mismo, encumbramos figuras atroces como Apolo, quien al no poder agenciar su deseo sumió en una profunda tristeza a Daphne, árbol de laurel, transformada por Gea por las súplicas de esta al ser agredida por este Dios-hombre, actor del triunfo al colocarse una corona tejida con las hojas de laurel ante los ojos de todos, que ignoran un bello árbol, consagrado a los vencedores y olvidado por todos. Una metáfora visible de lo invisible oculta tras memorias, gritos, lágrimas, sujetos, objetos y lugares que configuran un silencio aparente para la comodidad.

Referencias

Cage, J. (1961). *Silence*. Wesleyan University Press.

Kafka, F. (2003). *El silencio de las sirenas*. Editorial del Cardo.

Le Breton, D. (2009). *El silencio: aproximaciones.* Sequitur.

Miroslav, S. (director). (1992). *Ecoute* [Película]. B. A. Production.

ACERCA DE LA SERIE PRE•IMPRESOS

La serie *Pre•Impresos Estudiantes* es un proyecto de la Facultad de Ciencia y Tecnología (FCT) de la Universidad Pedagógica Nacional que divulga a través de la comunicación escrita la producción intelectual de los autores, destacando sus experiencias y reflexiones respecto de los temas inherentes a sus campos disciplinares específicos y su enseñanza. Por tanto, configura un espacio de visibilidad y reconocimiento público del trabajo de los maestros en formación y en ejercicio adscritos a la FCT.

La escritura en el ámbito de las ciencias y la tecnología

La comunicación es un aspecto fundamental de los procesos de cognición que construye relaciones de fuerza e identificación entre las personas y define el lugar de cada individuo en un grupo. Así, toda relación social se funda en el intercambio de ideas, pues cuando hablamos y escribimos también damos forma al mundo. Por tanto, la conformación de comunidades académicas tiene un carácter social y comunicativo, proceso en el que la palabra escrita contribuye a la socialización de las ideas; dado que, la comunicación de la ciencia se realiza en lengua natural.

¿Qué es un preimpreso?

Los Pre-impresos son una publicación previa que se utilizan en comunidades académicas para difundir el trabajo de sus miembros y contribuir a la formación de futuros investigadores.

Origen

Este proyecto editorial también constituye un espacio académico de formación y cualificación docente, que se inspiró en un trabajo similar que realiza el grupo *Física y Cultura* del Departamento Física de la FCT, con trabajos de profesores, desde principios de la década de 1990, con el fin de promover la circulación de las ideas de los profesores adscritos a este grupo de investigación.

Objetivos

Pre•Impresos Estudiantes promueve el fortalecimiento de la actividad académica en dos dimensiones; como **proceso de formación escritural** de los futuros maestros de ciencias, matemática y tecnología, y como **iniciativa editorial** que se traduce en una publicación seriada que divulga la producción intelectual de los estudiantes de la FCT.

El carácter del proceso realizado y el acompañamiento escritural que se brinda desde el proyecto hacen de esta experiencia una actividad académica de formación docente, con proyección en la práctica pedagógica e investigativa que contribuye a:

- Apoyar los fines misionales de la Universidad de investigar, producir y difundir conocimiento profesional docente, educativo, pedagógico y didáctico, además de propiciar una interacción con la sociedad para aportar a la construcción de nación.
- Propiciar una mayor consciencia lingüística, al poner de relieve la relación entre ciencia y lenguaje en el proceso de construcción textual, que requiere el desarrollo de la capacidad discursiva y habilidades comunicativas.
- Fortalecer la comunidad académica de la Facultad, al visibilizar las líneas de trabajo de los grupos de investigación de las diferentes unidades académicas.

Características

Pre•Impresos Estudiantes es un proyecto institucional de carácter extra curricular en el que pueden participar los estudiantes y egresados de los diferentes programas de la Facultad que quieran vincularse, ya sea, de manera individual o en grupo. El proceso de acompañamiento que se brinda exige compromiso y disciplina de los participantes, para la cualificación de su proceso escritural. Los temas a trabajar pueden cobijar una amplia gama de aspectos relacionados con las disciplinas —las ciencias, la matemática, la tecnología— y su enseñanza, así como, con la educación en general, ya sean reflexiones de carácter epistemológico o pedagógico, entre otras posibilidades.

Se puede participar con un amplio tipo de formatos de escritura, como por ejemplo: artículos, ponencias, módulos didácticos, cartillas, ensayos, crónicas, experiencias de aula, diarios, informes de investigación, por solo mencionar algunos. El proceso de elaboración, edición y publicación final de cada documento se ajusta al tiempo requerido por los autores para culminar esta labor. La publicación se hace en forma de cuadernillos en formato digital e impreso. La convocatoria es permanente.