



# Praxis

## Revista del Centro de Física-UCE

# Praxis

Revista del Centro de Física-UCE

## CONSEJO EDITORIAL

### EDITOR EN JEFE

- Ing. Ricardo Defas, MSc. – Universidad Central del Ecuador, [rddefas@uce.edu.ec](mailto:rddefas@uce.edu.ec)

### EDITOR ACADÉMICO

- Ing. Sebastian Guerrero, MSc – Universidad Central del Ecuador, [saguerrero@uce.edu.ec](mailto:saguerrero@uce.edu.ec)

### EDITORES DE SECCIÓN

- Ing. Jorge Oswaldo Chimarro Alvear, MSc. – Universidad Central del Ecuador, [jochimarro@uce.edu.ec](mailto:jochimarro@uce.edu.ec)
- Ing. Washington Patricio Lomas Arciniega, MSc. – Universidad San Francisco de Quito, [wlomas@usfq.edu.ec](mailto:wlomas@usfq.edu.ec)
- Ing. Felipe Josué Lima Alvear – Universidad Central del Ecuador, [fjlima@uce.edu.ec](mailto:fjlima@uce.edu.ec)
- Ing. Everzon Feiner Domínguez Castillo – Universidad Central del Ecuador, [efdominguez@uce.edu.ec](mailto:efdominguez@uce.edu.ec)
- Ing. Chaluiza Charro Elizabeth Vanesa MSc. – Universidad Central del Ecuador, [evchaluiza@uce.edu.ec](mailto:evchaluiza@uce.edu.ec)

### REVISORES INTERNOS Y EXTERNOS

- MSc. Gallo Calero José Luis - Universidad Central del Ecuador, [jlgallo@uce.edu.ec](mailto:jlgallo@uce.edu.ec)
- Ph.D. Guillermo Rubén Terán Acosta - Universidad Central del Ecuador, [grteran@uce.edu.ec](mailto:grteran@uce.edu.ec)
- Ph.D. Miryam Paredes - Universidad Central del Ecuador, [mparedesq@uce.edu.ec](mailto:mparedesq@uce.edu.ec)
- MSc. Dario Jaramillo - Universidad – Universidad Politécnica Salesiana, [mjaramillo@ups.edu.ec](mailto:mjaramillo@ups.edu.ec)
- Ph.D. José Solano - Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences, [jose.solano@fzu.cz](mailto:jose.solano@fzu.cz)



Diagramación y Maquetación  
Centro de Física  
Universidad Central del Ecuador

Av. América - Ciudadela Universitaria CP: 170521, Quito - Ecuador.

## INTRODUCCIÓN

La Revista Praxis del Centro de Física presenta su **edición Núm. 8** como una reafirmación de su compromiso con la divulgación, la enseñanza y la reflexión crítica en torno a la Física y las ciencias afines. Esta nueva entrega consolida un proyecto editorial que articula la práctica experimental, la innovación pedagógica y la mirada histórica de la ciencia, reconociendo su papel central en la formación integral y en la comprensión del mundo contemporáneo.

La sección **Actualidad** abre la revista con una reflexión profunda sobre los laboratorios universitarios como espacios dinámicos de innovación educativa. A partir de las experiencias académicas desarrolladas en el Taller-Seminario *"Pedagogía de Laboratorios Experimentales II"*, realizado en la Universidad Central del Ecuador, se evidencia que la práctica experimental va más allá de la adquisición de conocimientos técnicos, al promover el desarrollo de valores éticos, el pensamiento crítico, la creatividad y el trabajo colaborativo, en coherencia con una educación inclusiva y socialmente comprometida.

En **Enseñando Física**, se analizan los retos de la educación científica en el siglo XXI, destacando la necesidad de integrar habilidades clave para una formación sostenible y pertinente. La Física se presenta aquí como un campo fértil para el desarrollo de metodologías activas, donde la experimentación y la tecnología se convierten en herramientas esenciales para la construcción significativa del conocimiento.

La sección **Laboratorio en Acción** aporta rigor experimental mediante la determinación de constantes dieléctricas de distintos materiales, evidenciando la coherencia entre teoría y práctica, así como la importancia del trabajo experimental sistemático en la formación científica universitaria.

Por su parte, **Física a través del tiempo** invita al lector a reencontrarse con la dimensión histórica y humana de la ciencia a través del principio de Pascal. Se muestra cómo experimentos sencillos, desarrollados en un entorno donde la ciencia aún dialogaba con la filosofía, dieron origen a principios fundamentales que hoy sustentan múltiples aplicaciones tecnológicas.

En **Ventana al Universo de la Física**, la mirada se expande hacia los grandes interrogantes de la cosmología moderna. El análisis de la Tensión de Hubble y de la expansión acelerada del universo, apoyado en observaciones recientes del telescopio James Webb, pone de manifiesto que incluso los modelos más consolidados están sujetos a revisión.

Finalmente, la sección de **Divulgación Científica** continúa el recorrido histórico iniciado en el número anterior, profundizando en el surgimiento del pensamiento experimental que condujo al descubrimiento del electrón, reafirmando la observación y la experimentación como pilares del conocimiento científico moderno.

Como afirmó **Albert Einstein**: "La ciencia es una maravillosa herramienta si se sabe cómo utilizarla".

## Sección Actualidad



## Pedagogía en Laboratorios Experimentales: Espacio para la Innovación Educativa y la Formación Integral

*Pedagogy in Experimental Laboratories: A Space for Educational Innovation and Integral Schooling*

 Washington Lomas – Arciniega\*  Elizabeth Chaluiza – Charro

Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador. Correo: [wlomas@usfq.edu.ec](mailto:wlomas@usfq.edu.ec)  
Universidad Central del Ecuador, Centro de Física. Quito, Ecuador. Correo: [evchaluiza@uce.edu.ec](mailto:evchaluiza@uce.edu.ec)

Recibido 17 octubre de 2025; aceptado 24 de noviembre 2025; publicado 04 de diciembre de 2025

### Resumen

El presente artículo reflexiona sobre el papel de los laboratorios universitarios como espacios de innovación educativa y formación integral. Basado en las ponencias del Seminario-Taller "Pedagogía de Laboratorios Experimentales II", realizado en el Centro de Física de la Universidad Central del Ecuador (UCE), se evidencia que la práctica experimental no solo fortalece el aprendizaje científico, sino también el pensamiento crítico, la creatividad y el trabajo colaborativo entre estudiantes. Las ponencias integraron enfoques éticos, inclusivos y tecnológicos que promueven una docencia activa y comprometida con la realidad social. Desde la enseñanza de la programación científica hasta el desarrollo de habilidades blandas, el laboratorio se consolida como un entorno pedagógico donde la ciencia se une a la reflexión, reafirmando el compromiso de la UCE con una educación transformadora y orientada al desarrollo humano y profesional.

**Palabras clave:** pedagogía experimental, innovación educativa, aprendizaje activo, habilidades blandas.

### Abstract

This article reflects on the role of university laboratories as spaces for educational innovation and integral schooling. Based on the presentations from the Seminar-Workshop "Pedagogy in Experimental Laboratories II," held at the Physics Center of the Central University of Ecuador (UCE), it is evident that experimental practice not only strengthens scientific learning but also fosters critical thinking, creativity, and collaborative work among students. The presentations incorporated ethical, inclusive, and technological approaches that promote active teaching practices committed to social realities. From the teaching of scientific programming to the development of soft skills, the laboratory has been consolidated as a pedagogical environment where science and reflection converge, reaffirming UCE's commitment to transformative education aimed at human and professional development.

**Keywords:** experimental pedagogy, educational innovation, active learning, soft skills.

\* Autor de correspondencia: [wlomas@usfq.edu.ec](mailto:wlomas@usfq.edu.ec)



Este artículo está publicado bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)



## 1. INTRODUCCIÓN

Hablar de pedagogía en los laboratorios experimentales implica mucho más que referirse a experimentos, equipos o mediciones. Significa comprender el laboratorio como un espacio de aprendizaje integral, donde la curiosidad, el razonamiento y la reflexión se convierten en herramientas de formación científica y humana. En este sentido, el Seminario-Taller “Pedagogía de Laboratorios Experimentales II”, organizado por el Vicerrectorado Académico y de Posgrado y la Dirección de Desarrollo Académico (DDA) de la Universidad Central del Ecuador, puso en evidencia que los desafíos contemporáneos de la educación universitaria demandan una transformación profunda del rol docente y del uso pedagógico del laboratorio.

Entre estos desafíos destacan la necesidad de integrar tecnologías emergentes sin perder la dimensión humanista de la enseñanza, promover una evaluación formativa orientada a la reflexión y no solo a la calificación, garantizar la inclusión y la accesibilidad en entornos experimentales, y fortalecer habilidades blandas que preparen al estudiante para afrontar los retos sociales y profesionales del siglo XXI.

Desde esta perspectiva, el encuentro académico se constituyó como un espacio de reflexión colectiva sobre la enseñanza experimental, reafirmando el compromiso institucional con una educación universitaria orientada a la innovación, la inclusión y la responsabilidad social.

## 2. DESARROLLO

Hablar del laboratorio es hablar de una metáfora de la educación misma: un espacio donde la curiosidad se convierte en motor del descubrimiento y donde el error deja de ser un fracaso para transformarse en una fuente de comprensión. En cada experimentación, medición e hipótesis se pueden reflejar los procesos que dan origen y sentido al aprendizaje como el observar, experimentar, equivocarse, pensar y volver a intentar. En este sentido, la visión de Kolb (2015) sobre el aprendizaje experiencial resulta especialmente

pertinente, pues plantea que el conocimiento surge de la interacción constante entre la acción y la reflexión. El laboratorio, como escenario educativo, encarna ese ciclo: los estudiantes actúan, observan los resultados, reflexionan sobre ellos y reformulan sus ideas, dando forma a un aprendizaje que integra tanto lo cognitivo como lo emocional y lo práctico. Así, más allá de la técnica y la precisión, el laboratorio enseña y fomenta habilidades del siglo XXI.



**Figura 1:** Directores de Centros de Ciencias Básicas y autoridades en la inauguración del Seminario-Taller “Pedagogía de Laboratorios Experimentales II” (Universidad Central Del Ecuador, 2025).

Durante el seminario-taller los ponentes coincidieron en que el verdadero aprendizaje surge cuando los estudiantes son protagonistas de la experiencia, no simples espectadores. Según Paulo Freire (1996), la educación es un proceso dialógico y problematizador, en el que enseñar y aprender son actos compartidos que cuestionan de manera directa los modelos tradicionales centrados en la transmisión unidireccional del saber.

En esta misma línea, Vera F. (2023) evidencia que las metodologías activas y el desarrollo del pensamiento crítico inciden positivamente en la capacidad de los estudiantes para analizar, argumentar y tomar decisiones fundamentadas. Asimismo, Aloma Bello et al. (2022) sostienen que aprender de forma activa implica procesos cognitivos de alto nivel, razonamientos complejos, y una motivación intrínseca fortaleciendo la autonomía, la metacognición y la construcción significativa de conocimiento.

Además, Benavent et al. (2022) señalan que



los laboratorios son fundamentales para fomentar el aprendizaje activo, el desarrollo de habilidades blandas y competencias de investigación, así como la resolución de problemas, cuyo impacto varía dependiendo de la disciplina.

Analizar adecuadamente la importancia de los laboratorios de ciencias básicas en el contexto de la educación superior “implica reconocer su potencial para articular teoría, práctica, ética y colaboración en un solo entorno pedagógico-científico” (Pérez, 2025, p. 71), no solo desde una perspectiva formativa y epistemológica, sino también desde el ámbito didáctico.

## 2.1. Compromiso social en la Educación

El MSc. Edgar Isch, Director General Académico de la UCE, inauguró el encuentro con una reflexión profundamente humanista. En su conferencia “Enfoques educativos y pedagógicos en el contexto del Bicentenario de la Fundación Republicana de la Universidad Central del Ecuador”, resaltó que la universidad pública tiene la misión de comprender la realidad nacional para transformarla, más allá de reproducir modelos o enfoques externos. Hizo referencia al proyecto de Modelo Educativo y Pedagógico de la UCE (propuesta que actualmente se encuentra en fase de análisis institucional) para destacar que el conocimiento científico debe estar al servicio del país y de las necesidades sociales de su pueblo.



**Figura 2:** MSc. Edgar Isch en el Seminario-Taller “Pedagogía de Laboratorios Experimentales II” (Universidad Central del Ecuador, 2025) con el tema “Enfoques educativos y pedagógicos en el contexto del Bicentenario de la Fundación Republicana de la Universidad Central del Ecuador”.

Isch enfatizó que enseñar en la universidad no puede limitarse a transmitir información o ejecutar procedimientos, sino que debe implicar una responsabilidad ética y social. Desde su perspectiva, el docente universitario es un mediador entre la ciencia y la vida cotidiana, alguien capaz de conectar la teoría con los desafíos reales del entorno: la inequidad, el ambiente, la cultura y la historia nacional. Recordó que los procesos de enseñanza más valiosos no siempre surgen del resultado exitoso, sino de la reflexión que provoca el error. En esa línea, señaló que el laboratorio puede ser un espacio privilegiado para aprender a pensar, revisar y dialogar con los estudiantes sobre los fundamentos de su propio conocimiento.

Este enfoque se relaciona con las ideas de Paulo Freire (1996), quien defendía una educación liberadora orientada a la transformación social, y con las de Jerome Bruner (1997), que concibe el aprendizaje como una construcción cultural y colectiva. Ambos marcos ayudan a comprender el sentido del mensaje de Isch: la educación debe formar pensamiento crítico, sensibilidad humana y compromiso con la realidad del país.

## 2.2. Pedagogía experimental centrada en el estudiante y la inclusión

Luego, la MSc. Betsi Sandoval y el MSc. Pablo Reinoso profundizaron en su reflexión planteando propuestas centradas en la pedagogía activa y la inclusión. En su ponencia “Fortalecimiento de las prácticas experimentales docentes”, resaltó que la enseñanza científica requiere un equilibrio entre el rigor metodológico y la sensibilidad humana. Propuso que las prácticas no sean vistas solo como demostraciones de principios físicos, sino como espacios de aprendizaje vivencial, donde el error se asuma como parte natural del proceso educativo. Además, planteó la integración de tecnologías educativas, simuladores y entornos virtuales como recursos que potencian la curiosidad y la participación estudiantil.



**Figura 3:** MSc. Betsi Sandoval en su ponencia con el tema "Fortalecimiento de las prácticas experimentales docentes"

Por su parte, Reinoso en su exposición sobre el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), enfatizó que la pedagogía de laboratorio debe adaptarse a la diversidad de los estudiantes. Su propuesta defiende una enseñanza que reconoce las distintas formas de participación y comprensión, brindando múltiples caminos para acceder al conocimiento. El DUA, explicó, convierte los laboratorios en entornos inclusivos, donde la accesibilidad se entiende no solo como infraestructura, sino como una estrategia pedagógica que considera la emoción, la motivación y el contexto individual de cada aprendiz.

Betsi Sandoval y Pablo Reinoso coincidieron en que la enseñanza experimental debe ir más allá de una medición o de la observación a través de un microscopio o de cualquier instrumento: debe mirar al estudiante. El laboratorio, en este sentido, se asemeja más a un taller de creación artística que a un aula tradicional: un espacio donde se aprende con las manos y con la mente, y donde el error se convierte en una oportunidad de crecimiento (Dewey, 1938).



**Figura 4:** MSc. Pablo Reinoso en su ponencia con el tema "Inclusión educativa – DUA".

## 2.3. Evaluación educativa en el laboratorio

La MSc. Lida Sandoval, en su ponencia "Evaluación educativa en el laboratorio", abordó el tema desde la perspectiva de la evaluación formativa y metacognitiva. Lida expuso que evaluar no significa únicamente medir resultados, sino acompañar procesos de aprendizaje. Propuso estrategias como bitácoras, portafolios y rúbricas que permiten a los estudiantes reflexionar sobre sus avances y reconocer sus propias estrategias cognitivas. Defendió que el laboratorio puede convertirse en un escenario privilegiado para promover la autonomía y la autoevaluación.

## 2.4. Mirada investigativa en el laboratorio

Desde una mirada investigativa, la Dra. Ana Jacqueline Urrego, docente de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), destacó el papel de la investigación cualitativa en las ciencias experimentales. En su ponencia planteó que comprender el aprendizaje implica atender a los significados y las experiencias de los estudiantes. Propuso que los docentes se conviertan en observadores de su propio entorno educativo. En coherencia con lo señalado por Stake (1995), esta perspectiva invita a reconocer el laboratorio no solo como un lugar técnico, sino como un espacio cultural y social donde se negocian roles, se construye conocimiento y se fortalecen valores colectivos.

## 2.5. Promoviendo la participación activa en el laboratorio



**Figura 5:** MSc. Ricardo Defas e Ing. Sebastián Guerrero, funcionarios del Centro de Física en el seminario-taller, durante su ponencia.



El Centro de Física de la Universidad Central del Ecuador, anfitrión del evento, fue protagonista de diversas experiencias innovadoras que demuestran la riqueza pedagógica de sus prácticas. Los técnicos de laboratorio Sebastián Guerrero y Ricardo Defas compartieron su experiencia en la implementación de hojas de cálculo colaborativas para el registro y análisis de datos experimentales. Su propuesta mostró cómo el uso de herramientas digitales puede dinamizar la práctica en laboratorio, permitiendo que varios estudiantes trabajen simultáneamente sobre un mismo conjunto de datos, analicen resultados y aprendan unos de otros. Esta estrategia refleja los principios del aprendizaje activo, en el que el conocimiento se construye a través de la interacción y la participación colectiva (Prince, 2004).

## 2.6. Herramientas digitales en la experimentación



**Figura 6:** MSc. Jonathan Sánchez mientras realiza el experimento de la Máquina de Atwood, trabajando de forma colaborativa con los asistentes al evento.

En la misma línea de innovación pedagógica, los técnicos de laboratorio Jonathan Sánchez y Vanesa Chaluiza presentaron la propuesta "Videoanálisis y programación científica aplicada al aprendizaje de la Física", una experiencia que integra la experimentación clásica con el uso de herramientas tecnológicas de análisis y simulación. A través de la práctica "Segunda Ley de Newton con la máquina de Atwood", los expositores demostraron cómo el empleo del lenguaje Python y de programas de análisis de video permite registrar y procesar datos con alta precisión, obtener gráficos automáticos y explorar el movimiento desde múltiples perspectivas. Este tipo de actividades

no solo optimiza el tiempo de laboratorio, sino que favorece la comprensión profunda de los principios físicos, al vincular la teoría con la evidencia empírica de forma visual y cuantitativa.

Más allá del valor técnico, su experiencia plantea una reflexión esencial: la programación científica debería ocupar un lugar central en la formación de las carreras de ingeniería. En una época en la que los procesos tecnológicos, la automatización y el análisis de datos dominan la producción científica, aprender a programar deja de ser una habilidad opcional para convertirse en una competencia transversal. La programación no solo facilita el procesamiento de información, sino que desarrolla el pensamiento lógico, la resolución de problemas y la capacidad de modelar fenómenos complejos, habilidades fundamentales para el ejercicio profesional.



**Figura 7:** MSc. Vanesa Chaluiza en su ponencia de "Videoanálisis y programación científica aplicada al aprendizaje de la Física"

En este sentido, la iniciativa de Sánchez y Chaluiza se alinea con las tendencias contemporáneas de enseñanza activa y basada en evidencia (Meltzer y Thornton, 2012), mostrando que la integración de la programación en el laboratorio puede transformar la manera en que los estudiantes piensan, analizan y aplican la ciencia.

La integración de herramientas digitales en los laboratorios universitarios responde a tendencias internacionales que destacan el papel de la tecnología como mediadora del aprendizaje, favoreciendo la experimentación, el análisis de datos y la toma de decisiones



fundamentadas (OECD, 2021). En este sentido, las experiencias presentadas demuestran que la tecnología no sustituye la práctica experimental, sino que la amplifica y resignifica.

## 2.7. Desarrollo de habilidades blandas en laboratorios

La Fis. María José Villamarín, de la Universidad Nacional de Chimborazo, participó en modalidad virtual con la ponencia Metodología de habilidades blandas para laboratorios, en la cual argumentó que la formación científica debe complementarse con el desarrollo de competencias personales y sociales. Explicó que los laboratorios constituyen entornos pedagógicos ideales para fortalecer habilidades como la comunicación asertiva, la empatía, la adaptabilidad, el liderazgo y la gestión del tiempo.

Su propuesta metodológica combina la práctica experimental con dinámicas de autorreflexión y trabajo colaborativo, fomentando un aprendizaje integral que une el saber técnico con el crecimiento personal. Esta perspectiva coincide con la literatura contemporánea sobre educación profesional (Robles, 2012), que identifica las habilidades interpersonales como un componente indispensable del desempeño académico y laboral. Desde esta visión, el laboratorio se convierte no solo en un espacio de experimentación científica, sino también en un escenario donde se cultiva la responsabilidad, la ética y la cooperación, pilares esenciales en la formación de un profesional íntegro.

El MSc. Marcelo Castillo Ojeda, especialista en desarrollo de habilidades humanas, complementó esta reflexión al señalar que enseñar habilidades blandas implica ayudar a los estudiantes a visualizar su futuro profesional y a encontrar sentido en su aprendizaje. Propuso sustituir los exámenes tradicionales por proyectos grupales orientados a la resolución de problemas reales, una metodología que fomenta la colaboración, la motivación y la creatividad. Su planteamiento se alinea con los principios de Vygotsky (1978), quien afirma que

el conocimiento se construye socialmente a través de la interacción y la cooperación.

## 3. DISCUSIÓN

Los resultados del Seminario-Taller "Pedagogía de Laboratorios Experimentales II" respaldan planteamientos ampliamente discutidos por investigadores, quienes señalan la necesidad de que los laboratorios universitarios superen el enfoque demostrativo tradicional y se consoliden como entornos de aprendizaje activo, reflexivo e inclusivo. Como señalan Troquian et al. (2025), los laboratorios de enseñanza con base tecnológica deben concebirse como espacios abiertos y colaborativos que favorecen el desarrollo de proyectos multidisciplinarios y el fortalecimiento de competencias profesionales en contextos formativos motivadores.

Desde una perspectiva pedagógica, los resultados del evento coinciden con lo planteado por Quintero (2025), quien sostiene que la enseñanza basada en la experimentación en laboratorios pedagógicos impulsa la innovación didáctica y fortalece el desarrollo profesional docente a través del aprendizaje colaborativo y la formación continua. En este contexto, los aportes del Seminario-Taller refuerzan esta idea al evidenciar que el trabajo interdisciplinario y el aprendizaje desde la práctica transforman el rol del docente como mediador del aprendizaje y no únicamente como transmisor de contenidos.

Asimismo, durante las ponencias del evento se evidenció la importancia del uso de la tecnología como recurso mediador del aprendizaje, en la medida en que facilita la construcción de saberes científicos y promueve procesos de interacción, análisis y reflexión en el laboratorio, en concordancia con lo señalado por Gonzales et al. (2025).

En conjunto, este análisis permite afirmar que la innovación en los laboratorios universitarios constituye un proceso pedagógico integral, en el que convergen tecnología, evaluación formativa y dimensión ética del aprendizaje, dando lugar



a experiencias educativas contextualizadas, socialmente comprometidas y orientadas a la formación de sujetos críticos.

### 3. CONCLUSIONES

Las ponencias del Seminario-Taller "Pedagogía de Laboratorios Experimentales II" coincidieron en que el laboratorio no es un espacio secundario, sino el corazón del aprendizaje científico y pedagógico. Allí, la curiosidad supera la certeza y el error se convierte en oportunidad de reflexión. Las experiencias compartidas demostraron que la práctica experimental universitaria puede y debe trascender el ámbito técnico para transformarse en un escenario de innovación educativa, donde se aprende a pensar críticamente, colaborar y comprender la realidad desde la experiencia.

El encuentro evidenció que el aprendizaje en el laboratorio se sustenta en una pedagogía activa, inclusiva y reflexiva, en la que el estudiante asume un rol protagónico y el docente se convierte en mediador del proceso. Los aportes de Edgar Isch recordaron la responsabilidad ética y social de la docencia universitaria, mientras que las propuestas de Betsi Sandoval y Pablo Reinoso reforzaron la necesidad de metodologías participativas y adaptadas a la diversidad. De igual forma, Lida Sandoval y Ana Jacqueline Urrego invitaron a repensar la evaluación y la investigación educativa como procesos de comprensión y construcción colectiva del conocimiento.

Las experiencias presentadas por los técnicos del Centro de Física reafirmaron el potencial transformador del laboratorio cuando se combina la tecnología con la pedagogía. El uso de herramientas digitales colaborativas, el videoanálisis y la programación científica abren nuevas rutas para desarrollar competencias analíticas y tecnológicas esenciales en las carreras de ingeniería y en la ciencia contemporánea. Estas estrategias vinculan la teoría con la práctica, estimulan la creatividad y fortalecen el pensamiento lógico como motor de innovación.

Finalmente, las ponencias de María José Villamarín y Marcelo Castillo destacaron la importancia de las habilidades blandas como complemento indispensable de la formación científica. La comunicación, la empatía y la colaboración potencian la experiencia experimental, integrando la dimensión humana del aprendizaje con la rigurosidad académica. En conjunto, el seminario reafirmó que la Universidad Central del Ecuador avanza hacia una educación transformadora, donde los laboratorios se consolidan como espacios de aprendizaje integral, innovación y compromiso con la realidad social del país.

#### Proyección futura (desafíos y oportunidades)

A partir de los aportes del Seminario-Taller "Pedagogía de Laboratorios Experimentales II", se identifica como desafío prioritario la consolidación una pedagogía de laboratorio que supere las experiencias aisladas y se institucionalice como parte estructural del modelo educativo universitario. Esto implica fortalecer la formación pedagógica continua de docentes y técnicos de laboratorio, garantizar la actualización de recursos tecnológicos y promover prácticas evaluativas centradas en procesos reflexivos, metacognición y construcción colectiva del conocimiento.

Como oportunidad, los laboratorios universitarios se proyectan como espacios estratégicos para integrar innovación pedagógica, investigación formativa y tecnologías digitales, tales como el video análisis, la programación científica, herramientas colaborativas e implementación de inteligencia artificial. Estas experiencias permiten una articulación sustantiva entre teoría y práctica, potencian el pensamiento crítico y favorecen el desarrollo de competencias científicas, tecnológicas y humanas, en coherencia con las demandas de la educación superior contemporánea, el enfoque de Educación 4.0 y el fortalecimiento de las habilidades del siglo XXI.



## 4. REFERENCIAS

- Alomá Bello, M., Crespo Díaz, L. M., González Hernández, K., & Estévez Pérez, N. (2022). Fundamentos cognitivos y pedagógicos del aprendizaje activo. *Mendive. Revista de Educación*, 20(4), 1353-1368.
- Benavent, X., de Ves, E., Marqués, M., Cerverón, V., Castaño, A., Sanmartín, I., ... & Pérez, C. (2022). Actividades de aprendizaje activo para una evaluación sostenible en el ámbito universitario. *Actas de las XXVIII Jornadas sobre Enseñanza Universitaria de Informática*, 71-78.
- Bruner, J. (1997). *The culture of education*. Harvard University Press.
- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. Macmillan.
- Dirección de Desarrollo Académico - UCE. (2025, 8 de octubre). Día 3 (Mañana) | Seminario Taller: Pedagógica de Laboratorios Experimentales - UCE [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=23Cfewtak0I>
- Freire, P. (1996). *Pedagogía de la autonomía: Saberes necesarios para la práctica educativa*. Siglo XXI Editores.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2020). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(23), 12465-12474. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- González, W. V., Arguedas-Matarrita, C., Capuya, F., & Idoyaga, I. J. (2025). *Laboratorios Remotos para la Enseñanza y Aprendizaje de la Química: Una Revisión Sistemática*. *Ed*ucación en la Química, 31(02), 108-128.
- Kolb, D. A. (2015). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development* (2nd ed.). Pearson Education.
- Meltzer, D. E., & Thornton, R. K. (2012). Resource letter ALIP-1: Active-learning instruction in physics. *American Journal of Physics*, 80(6), 478-496. <https://doi.org/10.1119/1.3678299>
- OECD. (2021). *Innovating education and educating for innovation: The power of digital technologies and skills*. OECD. <https://doi.org/10.1787/829d4a5c-en>
- Pérez, A. S. (2025). *Importancia de la asignatura Laboratorio de Química analítica en estudiantes universitarios. Actas Iberoamericanas en Ciencias Sociales*, 3(2), 64-75.
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223-231. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- Quintero, A. A. J., & Domich, M. A. (2025). Laboratorios pedagógicos como didácticas docentes en contextos rurales. *Alternancia-Revista de Educación e Investigación*, 7(13), 72-83.
- Robles, M. M. (2012). Executive perceptions of the top 10 soft skills needed in today's workplace. *Business Communication Quarterly*, 75(4), 453-465. <https://doi.org/10.1177/1080569912460400>
- Stake, R. E. (1995). *The art of case study research*. SAGE Publications.
- Troquian, R. N., Rivera, J. C. O., & Alarcón, C. (2025). Una Implementación de un laboratorio de proyectos de innovación con base tecnológica que propicia la participación activa de estudiantes de ingeniería. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*.
- Universidad Central del Ecuador. (2025, 7 de octubre). #Seminario La Universidad Central del Ecuador inauguró el Seminario-Taller "Pedagogía de Laboratorios Experimentales", organizado por el Vicerrectorado Académico y de Posgrado... [Imagen]. Facebook. <https://www.facebook.com/share/14jjdrEr5Ad/>
- Vera, F. (2023). Aprendizaje activo y pensamiento crítico: Impulsando el desarrollo estudiantil en una universidad privada chilena. *Transformar*, 4(3), 31-44.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press

## INFORMACIÓN DE LA REVISTA

# Praxis

Revista del Centro de Física-UCE

<https://revistasdivulgacion.uce.edu.ec/index.php/>  
e-ISSN : 3103-1323

Periodicidad: Cuatrimestral

Edición: Núm. 8, diciembre 2025

e-mail: revista.praxis@uce.edu.ec

## Sección Enseñando Física



## Habilidades del siglo XXI en la educación científica: retos para la enseñanza de la Física

### *21st-Century Skills in Science Education: The Challenges for Teaching Physics*

 Elizabeth Chaluiza – Charro \*

Universidad Central del Ecuador, Centro de Física. Quito, Ecuador. E-mail: [evchaluiza@uce.edu.ec](mailto:evchaluiza@uce.edu.ec)

Recibido 17 octubre de 2025; aceptado 17 de noviembre de 2025; publicado 05 de diciembre de 2025

#### Resumen

El presente artículo analiza los desafíos y oportunidades que enfrenta la educación científica en el siglo XXI, con especial énfasis en la enseñanza de la Física como espacio de innovación, pensamiento crítico y sostenibilidad. Se plantea la necesidad de superar los modelos tradicionales centrados en la memorización, promoviendo metodologías activas de aprendizaje que integren las habilidades del siglo XXI. Desde un enfoque constructivista orientado a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), cuyo propósito es mejorar la vida de todos y proteger al planeta, se plantea cómo se podrían transformar los laboratorios de Física en entornos de aprendizaje dinámicos donde los estudiantes construyan conocimiento a partir de la experimentación, la reflexión y el trabajo en equipo. Asimismo, se destaca el papel de la tecnología como herramienta clave para fortalecer la formación integral, ética y sostenible.

**Palabras clave:** educación científica, habilidades del siglo XXI, enseñanza de la Física, sostenibilidad, metodologías activas.

#### Abstract

This article analyzes the challenges and opportunities faced by science education in the 21st century, with a special focus on the teaching of Physics as a space for innovation, critical thinking, and sustainability. It highlights the need to move beyond traditional memorization-based models by promoting active methodologies that integrate 21st-century skills. From a constructivist approach aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs), whose purpose is to improve the lives of all people and protect the planet, it proposes transforming laboratories into dynamic learning environments where students build knowledge through experimentation, reflection, and teamwork. Likewise, it emphasizes the role of technology as a key tool to strengthen comprehensive, ethical, and sustainable education.

**Keywords:** science education, 21st-century skills, physics teaching, sustainability, active methodologies.

\* Autor de correspondencia: [evchaluiza@uce.edu.ec](mailto:evchaluiza@uce.edu.ec)



Este artículo está publicado bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)



## 1. INTRODUCCIÓN

La educación contemporánea enfrenta grandes desafíos al responder a las demandas de un mundo caracterizado por la globalización, digitalización y una acelerada producción de conocimiento (Guadrón et al., 2025). En este escenario, los enfoques tradicionales basados en la memorización y la transmisión pasiva de información resultan insuficientes para formar ciudadanos capaces de afrontar los retos del siglo XXI. La sociedad actual exige profesionales críticos, creativos y colaborativos preparados para desenvolverse en entornos complejos y cambiantes (Bermudez et al., 2025).

En este contexto, la enseñanza de la Física debe evolucionar hacia un modelo que integre distintas competencias, entendidas como el conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes y valores esenciales para la vida y el trabajo en la era digital (UNESCO, 2020). Dentro de las competencias, las habilidades conocidas como las 4C (pensamiento crítico, creatividad, colaboración y comunicación), junto con la alfabetización digital, son fundamentales para la formación de ciudadanos competentes y responsables (UNESCO-OREALC, 2017). Incorporar estas habilidades en la práctica docente mejora el aprendizaje conceptual y potencia la capacidad de los estudiantes para resolver problemas reales, permitiéndoles participar activamente en la construcción de soluciones sostenibles.

En este sentido, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), impuestos por la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, constituyen una iniciativa muy importante, ya que garantizan una vida sostenible, pacífica, próspera y justa en la Tierra para todos, ahora y en el futuro, tal como se muestran en la Figura 1.

Las metas interrelacionadas de los ODS buscan superar barreras sistémicas claves para el desarrollo sostenible, tales como la desigualdad, los patrones de consumo insostenible, la debilidad institucional y la degradación del medio ambiente. Su integración en la educación científica

representa una oportunidad para conectar el aprendizaje con la solución de problemas globales, promoviendo responsabilidad social, innovación y sostenibilidad.



**Figura 1:** Corresponde a los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible aprobados y establecidos por la Organización de las Naciones Unidas. (Naciones Unidas, 2015), y que actualmente se encuentran vigentes.

La enseñanza de la Física en la educación superior se encuentra estrechamente relacionada con los ODS, al ofrecer herramientas conceptuales y metodológicas de aprendizaje activas para comprender y resolver problemas globales. Desde el ODS 4, que promueve una educación inclusiva y de calidad, hasta el ODS 13, orientado a la acción por el clima, la Física contribuye a formar ciudadanos críticos y responsables mediante el análisis de fenómenos naturales y el desarrollo de soluciones tecnológicas sostenibles. Asimismo, su integración con el ODS 9 impulsa la innovación y la infraestructura mediante proyectos experimentales que emplean tecnologías emergentes, como simuladores y sensores inteligentes, favoreciendo la



creatividad científica.

En este contexto, este artículo analiza los retos y oportunidades que implica integrar dichas competencias en la enseñanza de la Física, considerando dimensiones pedagógicas, tecnológicas y humanas. Se argumenta que la adopción de metodologías de enseñanza activas, el uso de herramientas digitales y la atención a la diversidad son claves para transformar la educación científica en la universidad (Kolb, 1984; Freire, 1997). La pregunta central es: ¿cómo lograr que los estudiantes de Física se conviertan en actores activos del aprendizaje y no simples receptores de información?

## 2. DESARROLLO

### 2.1. Educación científica y competencias del siglo XXI

La enseñanza de la Física, considerada un pilar fundamental dentro de la educación científica (Alonso, 2023), debe adaptarse a las demandas y características del estudiante del siglo XXI, promoviendo un aprendizaje activo y orientado al desarrollo de habilidades críticas para enfrentar entornos complejos y cambiantes.

Este perfil demanda que el estudiante sea un sujeto activo (competencia transversal), flexible y reflexivo (competencias actitudinales) (Macedo y Montevideo, 2016), capaces de desenvolverse en contextos cambiantes y complejos. Por lo cual, la educación científica ocupa un lugar privilegiado para fomentar estas competencias, al promover colaboración e indagación constante (Basulto y González, 2021).

Es fundamental que la educación en todas sus áreas trascienda, se adapte y combine los enfoques tradicionales. En este contexto, la enseñanza de la Física debe ir más allá de una simple transmisión de contenidos y orientarse hacia el desarrollo de procesos cognitivos superiores (Riveros, 2017). Esto implica fomentar la metacognición y la autorregulación, competencias esenciales, de manera que cada individuo sea consciente de su propio

aprendizaje y pueda continuar formándose de manera autónoma a lo largo de la vida (Macedo y Montevideo, 2016).

Esta perspectiva se articula con la Agenda 2030 de la UNESCO, que resalta la importancia de la educación científica como herramienta para el desarrollo sostenible. Tal como se ha mencionado, la educación científica está estrechamente relacionada con las habilidades del siglo XXI, indispensables para preparar ciudadanos críticos, creativos y comprometidos con los desafíos globales.

*¿Por qué son necesarias las habilidades del siglo XXI?*

Las habilidades del siglo XXI, conocidas como las 4C (pensamiento crítico, creatividad, colaboración y comunicación) no son una moda reciente; comenzaron a discutirse a finales del siglo XX y hoy son una necesidad ineludible para la educación contemporánea. Esto debido a que los estudiantes deben generar nuevas competencias como la colaboración, comunicación, productividad, creación de contenidos, personalización del aprendizaje, junto al desarrollo de habilidades blandas y metacognitivas para convertir dificultades en oportunidades, todas esenciales para desenvolverse en un mundo dinámico y complejo (Scott, 2020).

Además, la incorporación de estas competencias permite abordar de manera transversal la interdisciplinariedad, multidisciplinariedad y transdisciplinariedad en los contextos académicos y formativos, favoreciendo la integración de saberes y la colaboración entre disciplinas. Por lo cual, este enfoque resulta indispensable para una participación efectiva y sostenible en los entornos educativos, científicos y profesionales del siglo XXI.

### 2.2. Educación científica y competencias del siglo XXI

Actualmente, en la práctica docente, especialmente en asignaturas como Física, se entrena a los estudiantes en procesos complejos (Alonso, 2023), pero rara vez se les



prepara para aplicar esos conocimientos a nuevas situaciones. Surge entonces la pregunta: ¿Nuestros estudiantes son pensadores críticos?, ¿Son creativos? Diversos autores como Novoa Seminario y Sandoval Rosas (2023), y Vendrell y Rodríguez Mantilla (2020) coinciden en que, en la mayoría de los casos se encuentra una respuesta negativa. Esto ocurre porque el aprendizaje sigue centrado en la repetición de procedimientos, sin promover la autonomía intelectual ni la capacidad de aplicar lo aprendido en contextos diversos.

La enseñanza tradicional de la Física, centrada en la memorización de fórmulas, resulta insuficiente para desarrollar competencias del siglo XXI. Se requiere un enfoque basado en el aprendizaje activo y experiencial, donde el estudiante construya conocimiento mediante la experimentación y la reflexión (Kolb, 1984). Mientras la tecnología avanza a pasos agigantados desde el uso de una carreta a los vehículos autónomos, las aulas permanecen prácticamente iguales. Este desfase evidencia la urgencia de transformar la enseñanza para que los estudiantes sean protagonistas del aprendizaje: personas activas, críticas y creativas, frente a docentes que actúan como mediadores y facilitadores del conocimiento.

Adaptar los cursos de Física al paradigma científico contemporáneo no implica simples ajustes, sino una transformación sustantiva que vincule los progresos científicos y tecnológicos orientados a la formación de ciudadanos comprometidos con los desafíos globales. Además, esta transformación debe promover la integración de la Física con otras disciplinas como la Química y la Biología, en coherencia con los esfuerzos de actualización que estas áreas han realizado bajo la influencia del pensamiento científico del siglo XXI (Alonso, 2023).

Es evidente la necesidad de incorporar estrategias de enseñanza innovadoras como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), el modelo de aula invertida (flipped classroom) y la integración de tecnologías emergentes, como

la inteligencia artificial, con el fin de convertir al estudiante en protagonista del aprendizaje, fomentando la creación de proyectos interdisciplinarios y el uso de herramientas digitales. Por ejemplo, los estudiantes pueden diseñar simuladores interactivos para analizar el movimiento de partículas, desarrollar sensores inteligentes con Arduino para medir variables físicas en tiempo real, o implementar modelos predictivos mediante programación en Python para estudiar fenómenos como la propagación del calor o el comportamiento de circuitos eléctricos. Asimismo, se pueden plantear proyectos orientados a la sostenibilidad, como prototipos de sistemas de energía renovable o experimentos sobre eficiencia energética, alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Al mismo tiempo, los espacios de laboratorio deben orientarse a la resolución de problemas reales y sostenibles, donde los estudiantes apliquen la ciencia para comprender su entorno, tomar decisiones fundamentadas y contribuir a la construcción de una sociedad más equitativa y ambientalmente responsable (Bybee, 2013).

De esta manera, la enseñanza de la Física se consolida como un escenario de pensamiento crítico, innovación y sostenibilidad, donde el conocimiento científico se conecta con la realidad y el aprendizaje se convierte en una herramienta para la transformación individual y social, que se encuentran relacionados directamente al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente al ODS 4: Educación de calidad, al promover una formación equitativa y significativa; al ODS 9: Industria, innovación e infraestructura, mediante el impulso de la creatividad científica y tecnológica; y al ODS 13: Acción por el clima, al fomentar la comprensión de los fenómenos naturales y la responsabilidad ambiental (Naciones Unidas, 2015).

En este contexto, resulta estratégico vincular los ODS con el desarrollo de competencias clave para la educación contemporánea, por lo cual la enseñanza de la Física debería integrar las



habilidades del siglo XXI mediante metodologías de aprendizaje activas, enfoques educativos que favorezcan el aprendizaje significativo, la interdisciplinariedad y la alfabetización digital,

**Tabla 1**

*Relación entre habilidades del siglo XXI, aplicaciones en la enseñanza de la Física, metodologías y enfoques educativos.*

Habilidad del siglo XXI	Aplicación en física	Metodologías recomendadas	Enfoques educativos innovadores
Pensamiento crítico	Resolución de problemas complejos; análisis de datos	Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)	Constructivismo, Aprendizaje significativo
Creatividad	Diseño de experimentos innovadores	Aprendizaje por Proyectos, Design Thinking	STEAM, Educación para la innovación
Colaboración	Trabajo en equipo en laboratorios y proyectos interdisciplinarios	Aprendizaje cooperativo, Laboratorios colaborativos	Enfoque sociocultural
Comunicación	Presentación oral y escrita de resultados científicos	Exposiciones, Peer Review, Gamificación	Aprendizaje dialógico, Comunidades de práctica
Alfabetización digital	Uso de simuladores, sensores y programación (Python, Arduino, IA)	Laboratorios virtuales, Flipped Classroom	Educación digital, Blended Learning
Responsabilidad social y sostenibilidad	Aplicación de la Física en soluciones alineadas con los ODS	Aprendizaje - Servicio, Proyectos interdisciplinarios	Educación para el desarrollo sostenible

Otro reto para los docentes es la evaluación cualitativa que constituye un componente esencial para valorar procesos de aprendizaje más allá de la simple medición de resultados numéricos. A diferencia de los enfoques tradicionales centrados en pruebas estandarizadas y calificaciones cuantitativas, la evaluación cualitativa permite analizar dimensiones vinculadas con las competencias del siglo XXI.

### **2.3. Innovación tecnológica en el laboratorio alineada con los ODS**

El laboratorio de Física constituye un espacio privilegiado para integrar la ciencia, la tecnología y la experimentación, favoreciendo el aprendizaje activo y la comprensión de los fenómenos naturales. La incorporación de herramientas digitales como simuladores interactivos, sensores inteligentes, plataformas de adquisición de datos y lenguajes de programación científica (por ejemplo, IA, Python o Arduino) permite realizar mediciones más

como se muestra en la siguiente Tabla 1.

precisas, representar fenómenos complejos y analizar datos en tiempo real (Cabrera y Sanchez, 2018).

Además, la tecnología favorece el desarrollo de competencias digitales, analíticas y colaborativas, alineadas con las demandas del siglo XXI y con los principios del ODS 4 (Educación de calidad) y el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), al fomentar la creatividad científica y la apropiación crítica del conocimiento (Naciones Unidas, 2015).

Asimismo, la integración tecnológica impulsa un modelo de laboratorio sostenible, donde se pueden aprovechar recursos virtuales y simulaciones para reducir el consumo de materiales y energía, contribuyendo así al ODS 12 (Producción y consumo responsables). De este modo, la innovación tecnológica moderniza la enseñanza de la Física y potencia su dimensión pedagógica, ética y ambiental, fortaleciendo la formación integral del estudiante.



## 2.4. Dimensión humana y habilidades blandas en el laboratorio

La enseñanza de la Física y especialmente los espacios de experimentación deben fortalecer las habilidades blandas que permitan a los estudiantes desenvolverse con éxito en entornos académicos, científicos y profesionales. Estas habilidades deben ser entendidas como aquellas capacidades socioemocionales y comunicativas que permiten interactuar, colaborar y liderar de manera efectiva en contextos académicos y profesionales (Zambrano-Chamba et al., 2023).

Los laboratorios son lugares propicios para desarrollar de forma natural estas habilidades. Los estudiantes deben trabajar en equipo para diseñar experimentos, repartir responsabilidades, interpretar resultados y argumentar conclusiones de manera colectiva. Este proceso fomenta la escucha activa, la tolerancia frente a distintas perspectivas y la capacidad de adaptación ante la incertidumbre experimental, elementos esenciales tanto para la ciencia como para la vida profesional.

La comunicación asertiva, la empatía, la adaptabilidad y el trabajo en equipo son pilares para la colaboración interdisciplinaria y la construcción de soluciones sostenibles a los desafíos contemporáneos.

Desde la perspectiva sociocultural de Vygotsky (1978), el aprendizaje se produce a través de la interacción social y el diálogo, por lo que estas habilidades resultan esenciales para el desarrollo cognitivo y la construcción colectiva del conocimiento. En el contexto del laboratorio de Física, fomentarlas permite que los estudiantes aprendan a escuchar, argumentar, consensuar y reflexionar sobre sus propios procesos de pensamiento, fortaleciendo así la autonomía y la responsabilidad compartida.

El desarrollo de estas habilidades contribuye directamente al ODS 4 (Educación de calidad) y al ODS 17 (Alianzas para lograr los objetivos), al promover una formación integral que combine conocimientos científicos con valores

humanos, orientada hacia la cooperación, la sostenibilidad y el compromiso social (Naciones Unidas, 2015).

## 2.5. Competencias digitales y sostenibilidad

En la actualidad, las competencias digitales (entendidas como el conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para utilizar de manera crítica y ética las tecnologías de la información y la comunicación en el ámbito personal como en el profesional), junto con la sostenibilidad, constituyen pilares esenciales para la educación científica contemporánea (UNESCO, 2020). Integrar ambas dimensiones en la enseñanza de la Física permitiría desarrollar una conciencia ambiental y fortalecer la alfabetización digital, preparando a los estudiantes para enfrentar los retos del siglo XXI.

Tanto las competencias digitales como la sostenibilidad se pueden considerar transversales y constituyen pilares esenciales para la educación científica contemporánea. Integrar prácticas sostenibles en los laboratorios, junto con el uso responsable de tecnologías digitales, contribuye a desarrollar una conciencia ambiental y una ética profesional sólida (UNESCO, 2020).

## 3. CONCLUSIÓN

Se considera que la integración de las habilidades del siglo XXI en la enseñanza de la Física es una necesidad urgente para responder a los retos de la sociedad actual.

La Física, más allá de ser una disciplina que explica fenómenos naturales, debe convertirse en un espacio para desarrollar pensamiento crítico, creatividad y responsabilidad social. Aunque los laboratorios son escenarios privilegiados para este cambio, el verdadero desafío se centra en transformar la mentalidad docente: pasar de ser transmisores de información a facilitadores del aprendizaje activo y significativo, como mencionan Riveros (2017) y Zambrano-Chamba et al (2023).

Además, es importante la integración de tecnologías emergentes y metodologías activas que, en consonancia con los ODS, promuevan una educación inclusiva, equitativa y orientada a la innovación (Naciones Unidas, 2015; Cabrera & Sanchez, 2018).

La educación científica debe orientarse hacia la sostenibilidad y la innovación tecnológica, sin perder de vista la dimensión humana. Solo así se logrará formar profesionales capaces de aplicar el conocimiento para resolver problemas reales y contribuir a un futuro más equitativo y sostenible.

## Reflexión

Estimados lectores, ¿Estamos preparados para transformar la educación científica y construir un futuro sostenible? El cambio comienza en el aula, y la Física puede ser el motor de esa transformación. La pregunta no es si debemos hacerlo, sino cuándo empezamos. Cada experimento, cada proyecto y cada interacción en el laboratorio representa una oportunidad para formar líderes científicos que comprendan las leyes del universo y las empleen responsablemente para impulsar mejoras en la vida y garantizar un futuro sostenible.

La Física no solo explica el universo, también nos reta a transformarlo. ¿Estamos listos para descubrir cómo convertir el conocimiento en acción?

## 4. REFERENCIAS

- Alonso Marcelo. (2023). Reflexión sobre la enseñanza de la Física en el Siglo XXI.
- Basulto-González, G. (2021). Enseñanza de las ciencias en el siglo XXI. Retos y perspectivas. EduSol. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1729-80912021000300221&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-80912021000300221&lng=es&nrm=iso&tlng=es%0Ahttp://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1729-80912021000300221&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Bermudez Moreno, F. P., Agualimpia Palacios, J., & Chacón Bambagüe, S. Y. (2025). Desafíos y Competencias Docentes para la Implementación del Currículo Transcomplejo en el Siglo XXI. Ciencia y Reflexión, 4(2), 489-506. <https://doi.org/10.70747/cr.v4i2.279>

- Bybee Roger. (2013). "Developing Criteria for Quality STEM Education in Nevada" Workshop Briefing Book Nevada Department of Education Newmont Mines and NV Energy. 1-40. [https://books.google.com/books/about/The\\_Case\\_for\\_STEM\\_Education.html?hl=es&id=gfn4AAAAQBAJ](https://books.google.com/books/about/The_Case_for_STEM_Education.html?hl=es&id=gfn4AAAAQBAJ)
- Cabrera, J., & Sanchez, I. (2018). Vista de Laboratorios virtuales de física mediante el uso de herramientas disponibles en la Web | Memorias de Congresos UTP. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/1296/html>
- Freire, P. 1997. Pedagogía de la Autonomía. Saberes necesarios para la práctica educativa. 11<sup>a</sup> Edición. Madrid: Siglo XXI.
- Guadrón, S., Vergara, J., & Corrales, E. (2025). Preparando a las nuevas generaciones para una sociedad globalizada. <https://scienceadvanced.org/sa/index.php/Revista/article/view/24/31>
- Kolb, D. (1984a), Experiential learning experiences as the source of learning development.
- Macedo, B., & De Montevideo, O. (2016). FORO CILAC 2016-EJE TEMÁTICO: CULTIVANDO CIENCIAS Y CIUDADANÍA Educación científica Apoya. <http://creativecommons.org/>
- Naciones Unidas. (2015). TRANSFORMAR NUESTRO MUNDO: LA AGENDA 2030 PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE.
- Novoa Seminario, M., & Sandoval Rosas, M. L. (2023). Estrategias para fortalecer el pensamiento crítico en estudiantes de educación superior: Un estudio de revisión.
- Riveros, H. (2017). Investigación en enseñanza de la física experimental en el siglo XXI. Revista Mexicana de Física, 63, 68-75. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-35422017000100068](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-35422017000100068)
- Scott, C. L. (2020). INVESTIGACIÓN Y PROSPECTIVA EN EDUCACIÓN EL FUTURO DEL APRENDIZAJE 2 ¿QUÉ TIPO DE APRENDIZAJE SE NECESITA EN EL SIGLO XXI?
- UNESCO. (2020). La educación para todos es la base de la inclusión en la educación (Vol. 1). <https://doi.org/10.54676/WWUJU8391>
- UNESCO-OREALC. (2017). (2017). E2030: EDUCACIÓN Y HABILIDADES PARA EL SIGLO XXI. [www.unesco.org/open-access/terms-use-cbysa-sp](http://www.unesco.org/open-access/terms-use-cbysa-sp)
- Vendrell i Morancho, M., & Rodríguez Mantilla, J. (2020). Pensamiento crítico: Conceptualización y relevancia en el seno de la educación superior.
- Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes.
- Zambrano-Chamba, M., Vallejo-Piza, G., & Tafur-Méndez, F. (2023). Investigación: Habilidades blandas como complemento para la formación profesional de los estudiantes. 593 Digital Publisher CEIT, 8(3), 257-267. <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.3.1627>

## Sección Laboratorio en Acción



## Determinación experimental de la constante dieléctrica del aire, vidrio y plástico en un capacitor de placas paralelas

*Experimental determination of the dielectric constant of air, glass and plastic in a parallel plate capacitor*

 Sebastián Guerrero Noboa <sup>1\*</sup>,  Jonathan Sánchez Jacome <sup>2</sup>,  Ricardo Defas Brucil <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Central del Ecuador, Centro de Física. Quito, Ecuador. E-mail: [saguerreiro@uce.edu.ec](mailto:saguerreiro@uce.edu.ec)

<sup>2</sup> Universidad Central del Ecuador, Centro de Física. Quito, Ecuador. E-mail: [jsanchez@uce.edu.ec](mailto:jsanchez@uce.edu.ec)

<sup>3</sup> Universidad Central del Ecuador, Centro de Física. Quito, Ecuador. E-mail: [rddefas@uce.edu.ec](mailto:rddefas@uce.edu.ec)

Recibido 10 de octubre de 2025; aceptado 13 de noviembre de 2025; publicado 04 de diciembre de 2025

### Resumen

El presente artículo determina experimentalmente la constante dieléctrica de aire, plástico y vidrio mediante la medición de carga inducida y el voltaje aplicado en un capacitor de placas paralelas. El estudio permite evaluar cómo la presencia de distintos materiales dieléctricos entre las placas influye en la capacitancia del capacitor.

Experimentalmente se obtuvieron valores de la constante dieléctrica relativa de aproximadamente 1,0 para el aire, 2,94 para el plástico y 8,05 para el vidrio. Estos resultados muestran que la capacitancia del capacitor aumenta con el uso de materiales dieléctricos de mayor permitividad, coincidiendo con el comportamiento teórico esperado. Los errores porcentuales calculados respecto a los valores teóricos fueron menores al 6 %, lo que valida la precisión del montaje y la metodología empleada para este experimento.

**Palabras clave:** Constante dieléctrica, capacitancia, permitividad del vacío, capacitor de placas paralelas, dieléctrico.

### Abstract

The present article experimentally determines the dielectric constant of air, plastic, and glass by measuring the induced charge and the applied voltage in a parallel-plate capacitor. The study makes it possible to evaluate how the presence of different dielectric materials between the plates influences the capacitance of the capacitor.

Experimental results yielded relative dielectric constant values of approximately 1.0 for air, 2.94 for plastic, and 8.05 for glass. These results show that the capacitance of the capacitor increases when using dielectric materials with higher permittivity, in agreement with the expected theoretical behavior. The percentage errors calculated with respect to the theoretical values were below 6%, validating the accuracy of the setup and the methodology used in this experiment.

**Keywords:** Dielectric constant, capacitance, permittivity of vacuum, parallel plate capacitor, dielectric.

\* Autor de correspondencia: [saguerreiro@uce.edu.ec](mailto:saguerreiro@uce.edu.ec)

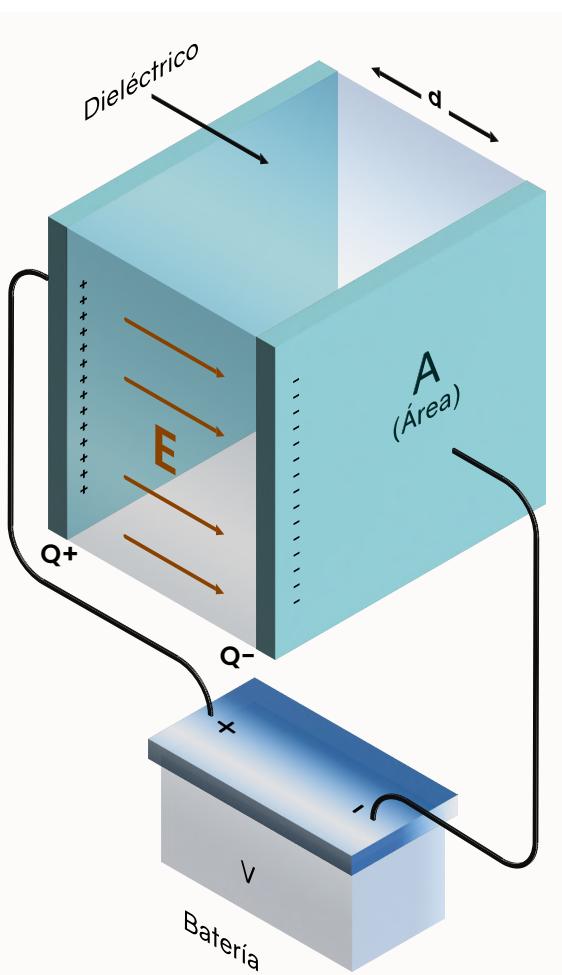


Este artículo está publicado bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)



## 1. INTRODUCCIÓN

Tal como se muestra en la Figura 1, un capacitor de placas paralelas es un dispositivo compuesto por dos placas conductoras separadas por una distancia pequeña y por un material aislante llamado dieléctrico. Cuando se conecta a una fuente de voltaje, una de las placas adquiere carga positiva y la otra carga negativa, generando entre ambas una región donde se almacena energía eléctrica en forma de campo eléctrico,  $E$  (Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 2020).



**Figura 1:** Esquema de un capacitor de placas paralelas con placas idénticas (de área  $A$ ) separadas por una distancia  $d$  (Fuente propia). La presencia de cargas opuestas en las placas genera un campo eléctrico en el espacio intermedio.

Este campo eléctrico ( $E$ ) es prácticamente uniforme entre las placas del capacitor, apunta de la placa positiva a la negativa, y su intensidad depende directamente del voltaje ( $V$ ) aplicado y de la distancia ( $d$ ) que las separa: a mayor voltaje o menor separación, el campo se vuelve más

intenso (OpenStax, 2024). Matemáticamente, se puede expresar como:

$$E = \frac{V}{d} \quad (1)$$

Una de las propiedades clave de un capacitor es la **capacitancia**, que describe cuánta energía eléctrica puede almacenar y se mide en faradios ( $F$ ). Este parámetro depende de tres aspectos fundamentales: la distancia entre las placas ( $d$ ), el área efectiva de las placas ( $A$ ) y el tipo de material colocado entre ellas (Melo et al., 2024). Matemáticamente, la capacitancia de un capacitor de placas paralelas se expresa como:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d} \quad (2)$$

Donde:

$C$ : Capacitancia en faradios ( $F$ )

$\epsilon_0$ : Permitividad del espacio libre ( $8.854 \times 10^{-12} F/m$ )

$\epsilon_r$ : Permitividad relativa (o constante dieléctrica) del material entre las placas.

$A$ : Área de cada placa.

$d$ : Distancia de separación entre placas.

Como se observa, la capacitancia aumenta si las placas son más grandes, si se encuentran más próximas entre sí o si el material situado entre ellas posee una mayor constante dieléctrica.

El término  $\epsilon_r$  hace referencia al material **dieleéctrico** que se coloca entre las placas. Este cumple un doble propósito: evitar el contacto directo entre las placas (lo cual previene cortocircuitos y contribuye a la estabilidad mecánica del sistema) y aumentar la capacitancia, permitiendo que el capacitor almacene más carga para un mismo voltaje. Los dieléctricos pueden presentarse en diferentes estados: sólidos como el papel o el plástico, gaseosos como el aire, o líquidos como el agua



(Rogers, 2022).

El parámetro más relevante para caracterizar un dieléctrico es su **constante dieléctrica ( $\epsilon_r$ )**, la cual indica cuánto aumenta la capacidad de un capacitor para almacenar energía eléctrica en comparación con el vacío. Por ejemplo, un material con una constante dieléctrica igual a cinco permite que el capacitor almacene cinco veces más energía que si no hubiera dieléctrico entre sus placas. Este aumento se debe a la capacidad del material para polarizarse en presencia del campo eléctrico, lo que incrementa la energía almacenada en el capacitor (Tipler, 1992, p. 546)

En este contexto, el presente estudio analiza cómo la inserción de distintos materiales, como plástico y vidrio, en un capacitor de placas paralelas modifica y aumenta su capacitancia. A partir de las propiedades geométricas del capacitor (área y separación entre placas) y de las mediciones experimentales, se determina la constante dieléctrica de cada material y se comparan los resultados obtenidos con los valores teóricos reportados en la literatura.

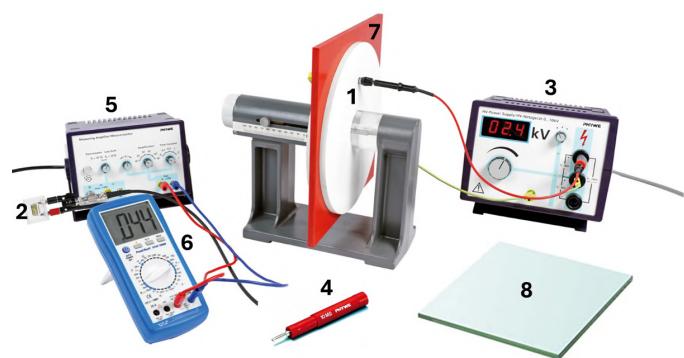
## 2. MATERIALES Y EQUIPO

Para la realización de la práctica experimental se utilizaron materiales y equipos que permiten estudiar la influencia de distintos dieléctricos en un capacitor de placas paralelas. Estos instrumentos, que se muestran en la Figura 2, forman parte del sistema de medición de la empresa PHYWE y se detallan a continuación:

1. *Capacitor de placas paralelas*: dispositivo que consta de dos placas conductoras circulares separadas por una distancia ajustable, donde se inserta el material dieléctrico. Las características son:
  - Distancia entre placas: 0 ... 70 mm.
  - Diámetro de la placa: 260 mm.
  - Espesor de la placa: 6 mm.
2. *Capacitor de referencia (220 nF / 250 V)*: se utiliza para determinar indirectamente la carga almacenada en el capacitor de placas

paralelas mediante la relación de voltajes.

3. *Fuente de alto voltaje (0-10 kV)*: provee el voltaje necesario para generar el campo eléctrico entre las placas del capacitor.
4. *Resistencia de 10 MΩ*: Su función principal es limitar la corriente de carga que fluye hacia el capacitor de placas paralelas, evitando descargas bruscas.
5. *Amplificador de medición universal*: permite registrar con precisión el voltaje inducido en el capacitor de referencia, amplificando señales débiles sin alterar la medición.
6. *Voltímetro DC (0-300 V)*: instrumento de medición empleado para registrar el voltaje en el capacitor de referencia.
7. *Placa de plástico*: actúa como dieléctrico sólido, cuya permitividad se evalúa experimentalmente al ser insertada entre las placas. Sus dimensiones son 283 x 283 x 10 mm.
8. *Placa de vidrio conductora*: material dieléctrico que se utiliza para comparar su constante dieléctrica con la del plástico y el aire. Sus dimensiones son 300 x 300 x 10 mm.



**Figura 2:** Montaje del equipo experimental para la medición de la constante dieléctrica del aire, plástico y vidrio. Se indican los principales componentes del sistema: (1) Capacitor de placas paralelas, (2) capacitor de referencia, (3) fuente de alto voltaje, (4) Resistencia de 10 MΩ, (5) amplificador universal de medición, (6) multímetro, (7) placa de plástico y (8) placa de vidrio (PHYWE, 2025).



### 3. PROCEDIMIENTO

En este estudio experimental se montó un capacitor de placas paralelas con el propósito de medir la carga inducida en las placas ( $Q$ ) y el voltaje aplicado ( $V$ ) bajo distintas configuraciones: inicialmente con aire como dieléctrico, manteniendo fija la separación entre placas, y posteriormente intercalando materiales dieléctricos como plástico y vidrio. La carga almacenada ( $Q$ ) se determinó de forma indirecta mediante la medición del voltaje inducido en un capacitor de referencia de  $220\text{ nF}$ , conectado según el esquema presentado en la Figura 2.

#### 3.1 Montaje y procedimiento experimental

El esquema general de conexión eléctrica del equipo experimental puede observarse en la Figura 3.

Inicialmente, para el aire, las placas del capacitor se colocaron a una distancia  $d$  fija de 10 mm. Esta distancia se eligió intencionalmente pequeña para asegurar que el campo eléctrico entre las placas sea uniforme (homogéneo), de manera que la ecuación (2) sea válida.

El experimento se llevó a cabo utilizando el capacitor de placas paralelas conectado a una fuente de alto voltaje a través de una resistencia de protección de  $10\text{ M}\Omega$ . Como se observa en la Figura 3, tanto la fuente de voltaje, el capacitor de placas paralelas y el capacitor de referencia ( $220\text{ nF}$ ) están conectados sobre el mismo terminal de tierra. Para el aire se aplicaron voltajes de 500 V, 1000 V, 1500 V y 2000 V, respectivamente.

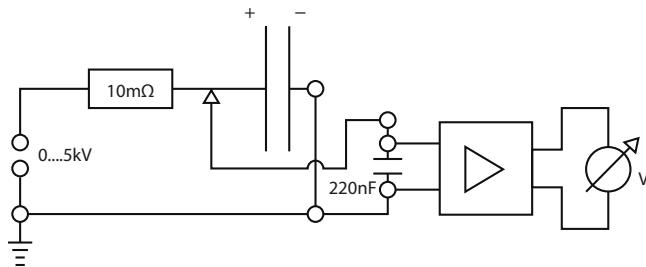


Figura 3: Esquema general de conexión eléctrica del equipo experimental usado para medir la constante dieléctrica de un material colocado en medio de las placas de un capacitor de placas paralelas (PHYWE, 2025).

El sistema incorporó el capacitor de referencia de  $220\text{ nF}$  y el amplificador de medición universal, empleados para determinar de forma indirecta la carga almacenada ( $Q$ ) en las placas del capacitor a partir del voltaje inducido ( $V_{ref}$ ) en dicho capacitor de referencia.

A partir de ese voltaje medido ( $V_{ref}$ ) se calculó la carga almacenada utilizando la relación:

$$Q = 220\text{ nF} \times V_{ref} \quad (3)$$

Donde:

$Q$ : Carga almacenada.

$V_{ref}$ : Voltaje medido en el capacitor de referencia de  $200\text{ nF}$ .

El mismo procedimiento se repitió colocando sucesivamente una lámina de plástico y luego una placa de vidrio entre las placas del capacitor de placas paralelas, cuidando que el material quedara centrado y sin espacios de aire.

### 4. RESULTADOS

Los resultados experimentales obtenidos se presentan en la Tabla 1, donde se observa que la carga almacenada en el capacitor aumenta proporcionalmente con el voltaje aplicado. Esta relación confirma el comportamiento lineal esperado entre  $Q$  y  $V$  para un capacitor, y sirve como base para el cálculo posterior de la capacitancia en cada material.

Tabla 1

Carga medida en un capacitor de placas paralelas con distintos materiales dieléctricos, al aplicarse voltajes de 500 a 2000 V.

Voltaje aplicado (V)	Q (nC) Aire	Q (nC) Plástico	Q (nC) Vidrio
500	0.90	2.60	7.30
1000	1.80	5.20	14.50
1500	2.70	7.90	21.80
2000	3.60	10.50	29.00



$$C_{material} = \frac{Q}{V} \quad (4)$$

Posteriormente, se determina la **constante dieléctrica relativa ( $\epsilon_r$ )** mediante la comparación de la capacitancia de cada material con la del aire, de acuerdo con la expresión:

$$\epsilon_r = \frac{C_{material}}{C_{aire}} \quad (5)$$

Donde:

$C_{material}$ : Capacitancia del material.

$C_{aire}$ : Capacitancia con aire entre las placas.

Estos valores permitieron cuantificar cómo la presencia de distintos dieléctricos modifica la capacidad del capacitor para almacenar energía eléctrica. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 2.

## Tabla 2

*Cálculo de la capacitancia y constante dieléctrica relativa*

Material	Capacitancia promedio C (pF)	Constante dieléctrica relativa $\epsilon_r$
Aire	1.80	1.00
Plástico	5.30	2.94
Vidrio	14.50	8.05

**Nota:** Los datos corresponden al cálculo de la capacitancia y constante dieléctrica relativa

Con el fin de evaluar la precisión de los resultados obtenidos, se calculó el porcentaje de error de la constante dieléctrica relativa para cada material.

El valor teórico de la constante dieléctrica se encuentra como referencia reportada por la Phywe (PHYWE ,2025).

Este cálculo permitió estimar el grado de concordancia entre los resultados experimentales y los valores esperados para el aire, plástico y vidrio, tal como se muestra en la

Tabla 3.

## Tabla 3

*Cálculo del porcentaje de error de la constante dieléctrica relativa*

Material	Teórico	Experimental	Error (%)
Aire	1.00	1.00	0.00 %
Plástico	3.00	2.94	2.00 %
Vidrio	8.50	8.05	5.29 %

## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados experimentales muestran una clara relación entre el tipo de material dieléctrico y la capacitancia del capacitor. En la Tabla 1 se observa que la carga almacenada aumenta proporcionalmente con el voltaje aplicado, mientras que en la Tabla 2 se presenta la capacitancia calculada para cada material, evidenciando que el plástico y el vidrio incrementan la capacidad de almacenamiento de energía eléctrica en comparación con el aire.

Finalmente, los porcentajes de error presentados en la Tabla 3 fueron menores al 6%, lo que indica una buena precisión en las mediciones y valida la efectividad del procedimiento empleado. Estos resultados evidencian la correcta aplicación de los principios electrostáticos y demuestran que el método utilizado es confiable para determinar la constante dieléctrica de distintos materiales.

## 6. APPLICACIONES

El estudio de la constante dieléctrica tiene amplias aplicaciones en el ámbito científico y tecnológico. Los capacitores con materiales dieléctricos se emplean en sistemas electrónicos, circuitos de almacenamiento de energía, filtros, sensores capacitivos y dispositivos de protección eléctrica. Comprender cómo la permitividad de un material afecta la capacitancia permite optimizar el diseño de equipos de alta precisión, mejorar la eficiencia energética y desarrollar nuevos



aislantes eléctricos.

Los resultados de este experimento son aplicables en el diseño de capacitores, sensores capacitivos y sistemas de almacenamiento de energía, donde el conocimiento de la constante dieléctrica permite seleccionar materiales adecuados para cada aplicación electrónica o eléctrica.

## 7. CONCLUSIONES

Los resultados experimentales confirmaron que el uso de materiales dieléctricos entre las placas de un capacitor incrementa su capacitancia. Se comprobó que el vidrio presenta la constante dieléctrica más alta seguido por el plástico y el aire.

Los porcentajes de error obtenidos menores al 6% demuestran la precisión del método experimental, validando la eficacia del procedimiento basado en la medición indirecta de la carga mediante un capacitor de referencia (220 nF). Esto evidencia que el experimento constituye un método confiable para determinar la constante dieléctrica de diferentes materiales y comprender su efecto en la capacitancia.

Los resultados experimentales obtenidos en esta práctica poseen un valor formativo significativo, ya que permite verificar de manera experimental los principios de la electrostática y familiarizar al estudiante con el manejo seguro de fuentes de alto voltaje y equipos de medición. De esta forma, se fortalece la relación entre teoría y práctica en la enseñanza de la física y la ingeniería, consolidando habilidades técnicas y de análisis experimental.

Además de los resultados físicos obtenidos, este trabajo permitió elaborar una hoja guía de laboratorio basada en los procedimientos y resultados experimentales, la cual facilitará que los estudiantes repliquen el experimento con mayor precisión y seguridad. Este producto, que se presenta como anexo a este artículo, complementa el valor educativo de la práctica, promoviendo el aprendizaje autónomo, el

uso adecuado de instrumentos de medición y la comprensión aplicada de los materiales dieléctricos en la física experimental.

## 8. REFERENCIAS

- Instituto Nacional de Educación Tecnológica. (2020). Guía de estudio 4: Capacitancia [PDF]. [https://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2020/07/ELECTRONICA\\_Gu--a04-Capacitancia.pdf](https://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2020/07/ELECTRONICA_Gu--a04-Capacitancia.pdf)
- Melo Mondragón, G., Doria Andrade, J. G., & Melo Londoño, S. (2024). Medición de la constante dieléctrica del papel y vidrio en capacitores. *Publicaciones e Investigación*, 18(1). <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/7794/7191>
- OpenStax. (2024). 7.2: Capacitors and Capacitance. In *Electricity and Magnetism with Applications to Amateur Radio and Wireless Technology*. LibreTexts. [https://phys.libretexts.org/Courses/Kettering\\_University/Electricity\\_and\\_Magnetism\\_with\\_Applications\\_to\\_Amateur\\_Radio\\_and\\_Wireless\\_Technology/07%3A\\_Capacitance/7.02%3A\\_Capacitors\\_and\\_Capacitance](https://phys.libretexts.org/Courses/Kettering_University/Electricity_and_Magnetism_with_Applications_to_Amateur_Radio_and_Wireless_Technology/07%3A_Capacitance/7.02%3A_Capacitors_and_Capacitance)
- PHYWE Systeme GmbH. (2025). Dielectric constant of different materials (Item No. P2420600) [Manual de experimento]. [https://phywe-itemservice.s3.eu-central-1.amazonaws.com/sites/DMS-Phywe/PROD/de-DE/item/phy\\_itemtestinstruction/P2/P2420600/P2420600\\_es.pdf](https://phywe-itemservice.s3.eu-central-1.amazonaws.com/sites/DMS-Phywe/PROD/de-DE/item/phy_itemtestinstruction/P2/P2420600/P2420600_es.pdf) phywe-itemservice.s3.eu-central-1.amazonaws.com
- Rogers, C. W. (2022). Insulators and dielectrics. EBSCO Research Starters. [https://www.ebsco.com/research-starters/science/insulators-and-dielectrics\\_EBSCO](https://www.ebsco.com/research-starters/science/insulators-and-dielectrics_EBSCO)
- Tipler, P. A. (1992). Física preuniversitaria. Volumen II (p. 546). Editorial Reverté. [https://books.google.com.ec/books/edition/F%C3%ADsica\\_preuniversitaria\\_II/7Z-IWpWaP9QC?hl=es-419&gbpv=1&dq=que+es+un+diel%C3%A9ctrico&pg=PA546&printsec=frontcover](https://books.google.com.ec/books/edition/F%C3%ADsica_preuniversitaria_II/7Z-IWpWaP9QC?hl=es-419&gbpv=1&dq=que+es+un+diel%C3%A9ctrico&pg=PA546&printsec=frontcover)

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES (SEGÚN CRedit):

- MSc. Sebastián Guerrero: Curación de datos, análisis formal, redacción – borrador original.
- MSc. Jonathan Sánchez: Investigación, metodología, validación, supervisión.
- MSc. Ricardo Defas: redacción – revisión y edición, visualización.



## INFORMACIÓN DE LA REVISTA

# Praxis

Revista del Centro de Física-UCE

<https://revistasdivulgacion.uce.edu.ec/index.php/>

e-ISSN : 3103-1323

Periodicidad: Cuatrimestral

Edición: Núm. 8, diciembre 2025

e-mail: revista.praxis@uce.edu.ec



**TEMA:** Determinación experimental de la constante dieléctrica de aire, plástico y vidrio en un capacitor de placas paralelas

## OBJETIVOS

### Objetivo general:

- Determinar experimentalmente la constante dieléctrica de diferentes materiales (aire, plástico y vidrio) utilizando un capacitor de placas paralelas.

### Objetivos específicos:

- Medir la carga inducida ( $Q$ ) en un capacitor de placas paralelas para distintos materiales dieléctricos, de acuerdo con el voltaje aplicado ( $V$ ).
- Calcular la permitividad relativa ( $\epsilon_r$ ) para cada material y evaluar los errores porcentuales entre valores teóricos y experimentales.
- Analizar la influencia del dieléctrico en la capacitancia del capacitor.

## EQUIPO DE EXPERIMENTACIÓN

1. Capacitor de placas paralelas de distancia ( $d$ ) ajustable
2. Capacitor de referencia de 220 nF
3. Fuente de alto voltaje (0–10 kV)
4. Resistencia de protección de 10 MΩ
5. Amplificador de medición universal
6. Multímetro
7. Placa de plástico
8. Placa de vidrio



**Figura 1:** Equipo experimental para la medición de la constante dieléctrica del aire, plástico y vidrio.

## FUNDAMENTO CONCEPTUAL

- Carga eléctrica ( $Q$ ): qué es, unidades y signos de las cargas.
- Voltaje o diferencia de potencial ( $V$ ): definición.
- Capacitor: definición y tipos.
- Capacitancia de un capacitor de placas paralelas ( $C$ ): definición y ecuación característica.
- Dieléctricos: definición, efecto en la capacitancia y constante dieléctrica relativa ( $\epsilon_r$ ).
- Permitividad del espacio libre.

## PROCEDIMIENTO

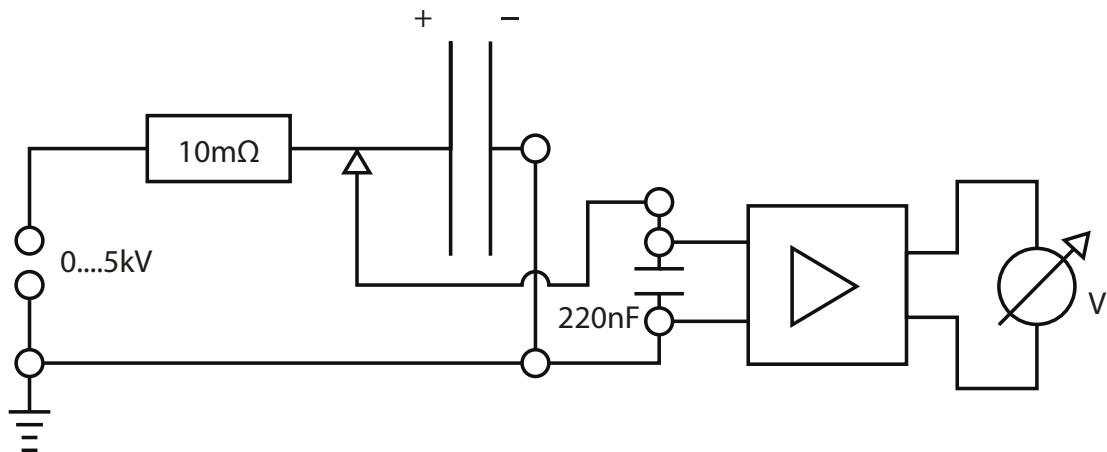


Figura 2: Esquema general de conexión eléctrica del equipo experimental.

### Montaje inicial

- Conecte los componentes del equipo experimental según la disposición de la Figura 1 y el diagrama eléctrico de la Figura 2.
- Inicialmente, coloque aire como dieléctrico entre las placas, ajustando una separación fija  $d = 10$  mm.
- Asegúrese de que la fuente de voltaje, el capacitor de placas paralelas y el capacitor de referencia comparten el mismo terminal de tierra.
- Configure el amplificador de medición con alta resistencia de entrada, factor de amplificación 1 y constante de tiempo 0.

### Medición

- Aplique cuidadosamente un voltaje  $V$  de 0.50 kV a las placas del capacitor.
- Desconecte la fuente de voltaje y registre el voltaje inducido  $V_{ref}$  en el capacitor de referencia de 220 nF.
- Repita el procedimiento para voltajes de 1,00 kV a 4,00 kV, aumentando en pasos de 0,50 kV.

### Inserción de dieléctrico

- Repita el mismo procedimiento de medición colocando primero una lámina de plástico y luego una placa de vidrio entre las placas del capacitor.
- Asegúrese de que el material quede centrado y sin espacios de aire para evitar errores en la medición.

Tabla 1. Medición de la constante dieléctrica del aire

Voltaje aplicado $V$ (KV)	Voltaje inducido $V_{ref}$ (V)	Carga $Q$ (C)
0.50		
1.00		
1.50		
2.00		
2.50		
3.00		
3.50		
4.00		

Tabla 2. Medición de la constante dieléctrica del plástico

Voltaje aplicado $V$ (KV)	Voltaje inducido $V_{ref}$ (V)	Carga $Q$ (C)
0.50		
1.00		
1.50		
2.00		
2.50		
3.00		
3.50		
4.00		

Tabla 3. Medición de la constante dieléctrica del vidrio

Voltaje aplicado $V$ (KV)	Voltaje inducido $V_{ref}$ (V)	Carga $Q$ (C)
0.50		
1.00		
1.50		
2.00		
2.50		
3.00		
3.50		
4.00		



## ANÁLISIS EXPERIMENTAL

1. A partir de los voltajes medidos, calcule la carga inducida  $Q$  en el capacitor de placas paralelas para aire, plástico y vidrio, mediante la expresión:

$$Q = 220 \text{ nF} \times V_{ref}$$

2. Con los datos obtenidos, realice una gráfica de carga inducida  $Q$  frente al voltaje aplicado  $V$  para aire, plástico y vidrio.
  - Analice la tendencia observada en cada caso. ¿Cómo varía la carga inducida con el voltaje?
  - A partir de la pendiente de la recta obtenida en cada gráfica (ecuación de la línea  $Q = C \cdot V$ ), determine la capacitancia  $C$ .
  - A partir de la capacitancia  $C$  obtenida en cada gráfica, determine la constante dieléctrica ( $\epsilon_r$ ) para cada material, utilizando la relación:

$$\epsilon_r = \frac{C \cdot d}{\epsilon_0 \cdot A}$$

Donde:

**C:** Capacitancia en faradios (F)

**$\epsilon_0$ :** Permitividad del espacio libre ( $8.854 \times 10^{-12}$  F/m)

**$\epsilon_r$ :** Constante dieléctrica del material entre las placas.

**A:** Área de cada placa.

**d:** Distancia de separación entre placas.

3. Compare los valores experimentales de  $\epsilon_r$  del aire, plástico y vidrio con los valores teóricos y determine los errores porcentuales. ¿Cuál material es más eficiente para almacenar carga?
4. Discuta posibles factores que expliquen las diferencias entre los valores experimentales y teóricos.
5. Analice cómo la introducción de plástico o vidrio cambia la capacitancia del capacitor en comparación con el aire. Explique físicamente por qué ocurre este cambio.
6. ¿Qué supuestos del modelo (campo uniforme, placas infinitas, ausencia de bordes) pueden afectar la precisión del experimento? Proponga posibles mejoras en el montaje o la medición para reducir estos efectos.

## REFERENCIAS

- PHYWE Systeme GmbH. (s. f.). Dielectric constant of different materials (Item No. P2420600) [Manual de experimento]. Recuperado de [https://phywe-itemservice.s3.eu-central-1.amazonaws.com/sites/DMS-Phywe/PROD/de-DE/item/phy\\_itemtestinstruction/P2/P2420600/P2420600\\_es.pdf](https://phywe-itemservice.s3.eu-central-1.amazonaws.com/sites/DMS-Phywe/PROD/de-DE/item/phy_itemtestinstruction/P2/P2420600/P2420600_es.pdf)
- Barco, H., & Rojas, E. (2002). Física: Principios de Electricidad y Magnetismo. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <https://ccie.com.mx/wp-content/uploads/2020/03/FISICA-3-1.pdf>

## Sección Física a través del tiempo



## Pequeñas acciones, grandes efectos: El principio de Pascal

*Little pushes, strong effects: Pascal's Principle*

 Everzon Domínguez-Castillo\*

Universidad Central del Ecuador, Centro de Física. Quito, Ecuador. E-mail: [efdominguez@uce.edu.ec](mailto:efdominguez@uce.edu.ec)

Recibido 17 octubre de 2025; aceptado 18 de noviembre de 2025; publicado 05 de diciembre de 2025

### Resumen

En una Francia donde la ciencia todavía se mezclaba con la filosofía, Blaise Pascal, un joven de mente brillante, comenzó a experimentar con líquidos y tubos, sin imaginar que cambiaría la física para siempre. Desde su invención: "La Pascalina" hasta el legendario barril que explotó por la presión generada por una delgada columna de agua, este artículo narra la historia del Principio de Pascal desde una mirada cercana y humana. Se muestra cómo un experimento simple sentó las bases de la hidráulica y se destaca la relevancia del principio en la actualidad, evidenciando que su aplicación trasciende los sistemas hidráulicos tradicionales y se extiende a múltiples ámbitos de la tecnología moderna.

**Palabras clave:** Principio de Pascal, mecánica de fluidos, fuerza, presión, historia de la física.

### Abstract

In a France where science still blended with philosophy, Blaise Pascal, a young man of brilliant mind, began experimenting with liquids and tubes, unaware that he was about to change physics forever. From his invention, "The Pascaline" to the legendary barrel that exploded due to the pressure generated by a thin column of water, this article narrates the story of Pascal's Principle from a close and human perspective. It shows how a simple experiment laid the foundations of hydraulics and highlights the relevance of the principle today, demonstrating that its application goes beyond traditional hydraulic systems and extends to multiple areas of modern technology.

**Keywords:** Pascal's principle, fluid mechanics, force, pressure, history of physics.

\* Autor de correspondencia: [efdominguez@uce.edu.ec](mailto:efdominguez@uce.edu.ec)



Este artículo está publicado bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)



## 1. INTRODUCCIÓN

Hay descubrimientos que nacen en laboratorios repletos de instrumentos y otros que brotan de la pura curiosidad. En el caso de Blaise Pascal, retratado en la Figura 1, todo empezó con una pregunta tan sencilla como poderosa: ¿qué sucede dentro de un líquido cuando lo presionamos? En apariencia, la respuesta parece obvia: el agua simplemente se mueve. Pero para un joven del siglo XVII, cuando todavía se discutía si el vacío existía o si el aire tenía peso, esa duda podía abrir todo un universo de ideas.



**Figura 1:** Retrato de Blaise Pascal (1623-1662), físico y matemático francés cuyo ingenio y curiosidad dieron origen a descubrimientos fundamentales en la mecánica de fluidos. Su principio más importante, conocido como el principio de Pascal, no sólo lleva su nombre, sino que continúa siendo fundamental para el funcionamiento de la tecnología hidráulica moderna (Edelinck, s.f.).

Pascal no era un científico cualquiera; era un chico brillante, con la cabeza siempre llena

de preguntas. Vivía en una época donde los experimentos en física eran un terreno en construcción. Entre cálculos, tubos de vidrio y charlas con su padre, empezó a descubrir que las cosas más simples, como el agua que se escapa de un recipiente, podían esconder leyes profundas. Lo que encontró no solo cambió la forma de entender los fluidos, sino que sembró la semilla de muchas máquinas que hoy damos por sentadas: frenos, prensas, jeringas, elevadores. Todo gracias a una idea nacida de la observación y la imaginación.

En este contexto, el presente artículo revisa la historia que permitió a Pascal formular su principio, se describen los experimentos claves que llevaron a su enunciado y se analiza su impacto en el desarrollo de la hidráulica. Finalmente, se exponen las aplicaciones actuales del principio de Pascal en diferentes tecnologías modernas, destacando su relevancia en la ingeniería y la vida cotidiana.

## 2. DESARROLLO

### 2.1. Historia y contexto de Pascal

Imagina la Francia del siglo XVII: calles empedradas, carrozillas que crujen al pasar y cafés llenos de debates sobre filosofía, religión y las nuevas ideas científicas. En ese mundo de curiosos y escépticos nació Blaise Pascal, un chico de salud frágil, pero con una mente que no sabía descansar. Antes de los quince, Blaise ya había redescubierto por sí solo los principios de la geometría euclíadiana (Fernández & Tamaro, 2004).

Años después, mientras otros jóvenes soñaban con la nobleza o la guerra, Pascal soñaba con ruedas dentadas y engranajes.

El padre de Pascal, Étienne, era un funcionario meticuloso y amante de las matemáticas. Con tan solo 19 años y con la intención de ayudarlo con los impuestos, Pascal construyó la primera máquina capaz de sumar y restar automáticamente, "La Pascalina", cuyo complejo mecanismo puede apreciarse en la Figura 2. Este invento fue tan adelantado a su época que pocos sabían cómo usarlo, pero mostraba ya la manera de pensar de Blaise, tomar lo abstracto y volverlo tangible (Rojas et al., 2021).



**Figura 2:** “Pascalina”, la primera calculadora mecánica inventada por Blaise Pascal entre 1642 y 1644 para realizar sumas y restas de manera automática (Fenicia BCN, 2020). Era una pequeña caja que disponía de ruedas dentadas alineadas de derecha a izquierda, representando las unidades, decenas, centenas, etc. Cuando una rueda completaba una vuelta sobre su eje, a través de un sistema de transmisión, desplazaba una posición a la rueda siguiente (acarreo de la suma). Para la resta, funcionaba de manera inversa: se giraba la rueda hacia atrás (mecanismo de préstamo) (UMA Divulga, s.f.).

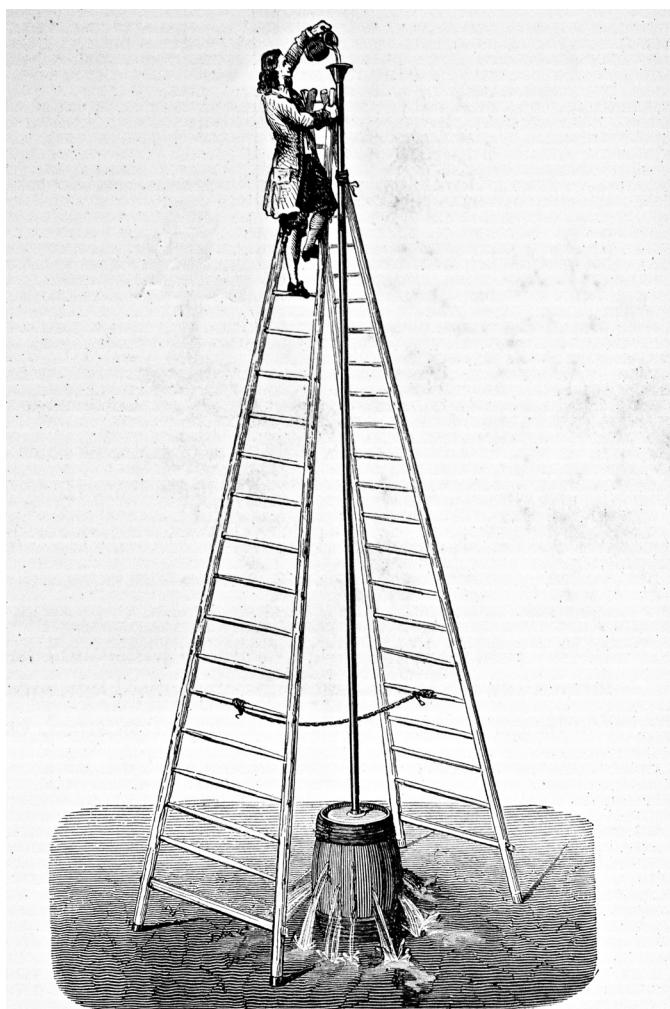
Apesar del alcance de este invento, la curiosidad de Pascal no se detuvo ahí. En esa época, una gran pregunta agitaba a los sabios de Europa: ¿existe realmente el vacío? Torricelli, en Italia, había hecho un experimento con mercurio y un tubo para demostrar la presión del aire. Pascal leyó sobre ello y quedó fascinado. Si el aire podía ejercer presión, ¿podría también hacerlo un líquido encerrado? (Orcibal & Jerphagnon, 1998). Motivado por este desafío, Pascal aplicó la misma combinación de razonamiento matemático y experimentación que había utilizado en la creación de la Pascalina para, más adelante, desarrollar sus propios experimentos con fluidos.

## 2.2. Experimentos y formulación del Principio de Pascal

Así fue como Blaise Pascal comenzó a experimentar con recipientes llenos de agua y tubos largos. En 1646, durante uno de esos ensayos improvisados, un barril reventó al verter agua en un tubo conectado a su interior. El experimento consistía en un barril de vino de 60 cm de diámetro lleno de agua. Pascal realizó un pequeño orificio por el cual, de forma hermética, introdujo un tubo de 1 cm

de diámetro y aproximadamente 10 metros de altura. Después, con ayuda de una jarra, vertió alrededor de 1 litro de agua en la parte superior del tubo. El resultado fue impresionante. Las juntas del barril reventaron y el agua se esparció por los aires. Este notable evento se ilustra en la Figura 3.

Pascal comprendió, entonces, que incluso una pequeña cantidad de líquido podía ejercer una presión considerable si estaba confinado en una columna elevada. No era magia; era una ley natural que él mismo estaba descubriendo (Pinochet, 2008).



**Figura 3:** Ilustración del experimento del barril de Pascal. Blaise Pascal vertió 1 litro de agua a través de un tubo de 10 metros de altura conectado a un barril, demostrando cómo la presión ejercida por un líquido confinado puede ser enorme, y mostrando que incluso pequeñas cantidades de agua pueden generar fuerzas significativas en un recipiente cerrado (Biblioteca de la Facultad de Derecho y Ciencias del Trabajo, 1882).



De ese pensamiento nació lo que hoy conocemos como el **Principio de Pascal**: “en un fluido encerrado, cualquier cambio de presión se transmite por igual en todas direcciones” (Encyclopaedia Britannica, 2025). Pero, más allá de la fórmula, lo que verdaderamente cautiva es cómo lo entendió, imaginando al agua como un mensajero que lleva la presión a todos los rincones del recipiente sin alterarla.

La comprensión fundamental de Pascal fue que la presión en un fluido en reposo depende únicamente de la altura de la columna del líquido, y no de su volumen ni de su peso total. Por ello, al verter una pequeña cantidad de agua en el tubo, la altura del fluido dentro de él aumentó considerablemente. Dado que la presión depende de esa altura, la presión ejercida en el fondo y las paredes del barril se incrementó de manera desproporcionada, superando su resistencia estructural y provocando que estallara.

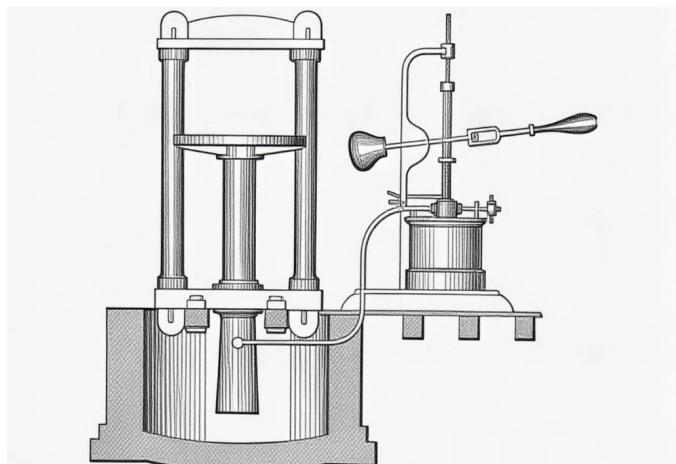
Esta dependencia exclusiva de la altura dio origen a lo que se conoce como la “Paradoja de Pascal”, que establece que la presión ejercida por un fluido en el fondo de un recipiente depende únicamente de la altura de la columna de líquido, sin importar la forma del recipiente ni la cantidad total de fluido. En consecuencia, un recipiente angosto que contiene solo un litro de agua puede ejercer la misma presión en el fondo que otro mucho más ancho con cien litros, siempre que ambos posean la misma profundidad (Miranda, 2012).

Pascal escribió sus hallazgos en el “Traité de l'équilibre des liqueurs” en 1653, donde demostró que la transmisión de la presión y el equilibrio observado en el agua se aplicaba a todos los líquidos. En este tratado, presentó de manera técnica cómo un cambio en la presión en una parte de un líquido confinado se transmite íntegramente a todas las demás partes del sistema, sentando las bases del principio que hoy lleva su nombre (Orcibal & Jerphagnon, 1998).

## 2.2. Prensas Hidráulicas y aplicaciones modernas

Tiempo después, otros ingenieros transformaron el descubrimiento de Pascal

en máquinas capaces de amplificar una fuerza aplicada, como la Prensa Bramah, cuyo diseño inicial podemos observar en la Figura 4. Estas máquinas constituyen una aplicación directa del principio de Pascal. Al ejercer una pequeña fuerza sobre un pistón de área reducida, la presión generada se transmite íntegramente a un pistón de mayor tamaño. Dado que la presión permanece constante, la fuerza de salida se incrementa proporcionalmente en función de la diferencia de área entre los pistones, lo que permite levantar cargas pesadas. Así, lo que comenzó con un simple experimento en un barril, hoy en día es el principio de funcionamiento de equipos modernos.



**Figura 4:** Ilustración de la primera prensa hidráulica, también conocida como Prensa Bramah, inventada por Joseph Bramah en Inglaterra en 1795. Con dos pistones conectados a un líquido confinado, una fuerza pequeña aplicada sobre el pistón menor (derecha), se transmite al pistón mayor (izquierda), generando una fuerza mucho mayor (Bramah, 1891).

Y aunque Blaise no vivió para verlo, su principio se incorporó en la vida cotidiana de todos. Desde los sistemas de frenos antibloqueo (ABS) en los automóviles hasta la maquinaria pesada de construcción, como excavadoras y cargadoras, todos dependen de la transmisión eficiente de presión a través de fluidos.

Cada vez que un mecánico levanta un auto con un gato hidráulico o un dentista ajusta una silla con un pedal, el pensamiento de Pascal sigue actuando, invisible pero firme. Su búsqueda del equilibrio entre mente y materia dejó una huella profunda: incluso la más leve presión en el entorno adecuado puede mover el mundo.



## 3. CONCLUSIONES

El nombre de Pascal quedó grabado en la física y en cada máquina que multiplica una fuerza. Lo curioso es que su descubrimiento nació de la observación más simple, mirar cómo un líquido reacciona a la presión. Pero detrás de esa simplicidad se escondía una verdad universal.

El principio de Pascal demuestra que las grandes ideas no siempre aparecen entre aparatos complicados, sino en los gestos pequeños de quien mira con atención. En el fondo, la historia de Blaise es también una lección sobre la curiosidad humana: sobre cómo un joven del siglo XVII, con más preguntas que certezas, terminó abriendo una puerta a la ciencia moderna.

Quizás ese sea su mayor legado, recordarnos que la ciencia también se hace con asombro. Que un barril, un tubo y un poco de agua pueden bastar para cambiar el rumbo del pensamiento humano.

## 4. REFERENCIAS

- Bramah, J. (1891). Hydraulic press. En B. J. Lossing, The New Popular Educator (p. 217). Cassell & Company.
- Biblioteca de la Facultad de Derecho y Ciencias del Trabajo. (1882). Paradoja hidrostática, rompetoneles de Pascal. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paradoja\\_hidrost%C3%A1tica,\\_rompetoneles\\_de\\_Pascal\\_\(1882\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paradoja_hidrost%C3%A1tica,_rompetoneles_de_Pascal_(1882).jpg)
- Edelinck, G. (s.f.). Blaise Pascal [Litografía basada en una pintura de F. Quesnel]. Wikimedia Commons. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blaise\\_Pascal\\_Lithograph\\_after\\_G.\\_Edelinck\\_after\\_F.\\_Quesnel\\_Wellcome\\_V0004512.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blaise_Pascal_Lithograph_after_G._Edelinck_after_F._Quesnel_Wellcome_V0004512.jpg)
- Encyclopaedia Britannica, T. (2025, 29 de agosto). Pascal's principle. Encyclopaedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/Pascals-principle>
- Fenicia BCN. (2020). En línea con monsieur Pascal. <https://www.feniciabcn.com/en-linea-con-monsieur-pascal/>
- Fernández, T., & Tamaro, E. (2004). Biografía de Blaise Pascal. Barcelona, España: Biografías y Vidas. <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/p/pascal.html>
- Miranda, E. N. (2012). Una paradoja hidrostática. Anales AFA, 22(1), 9-10. <https://doi.org/10.31527/analesafa.2011.22.1.9>
- Orcibal, J., & Jerphagnon, L. (1998). Les Provinciales de Blaise Pascal. Encyclopaedia Britannica. <https://www.britannica.com/biography/Blaise-Pascal/Les-Provinciales>

- Pinochet, J. (2008). El barril de Pascal. Prolipa. [https://prolipa.com.ec/blog/wp-ontent/uploads/2024/07/2008-El\\_barril\\_de\\_Pascal.pdf](https://prolipa.com.ec/blog/wp-ontent/uploads/2024/07/2008-El_barril_de_Pascal.pdf)
- Rojas, J., del Río, G., Fernández, A., & Galiano, V. (2021). Blaise Pascal's mechanical calculator: Geometric modelling and virtual reconstruction. Machines, 9(7), 136. <https://doi.org/10.3390/machines9070136>
- UMA Divulga. (s. f.). Pascalina. Museo Virtual – Informática. Universidad de Málaga. <https://www.umadivulga.uma.es/museo-virtual/informatica/pascalina/>

## INFORMACIÓN DE LA REVISTA

# Praxis

Revista del Centro de Física-UCE

<https://revistasdivulgacion.uce.edu.ec/index.php/>  
e-ISSN : 3103-1323  
Periodicidad: Cuatrimestral  
Edición: Núm. 8, diciembre 2025  
e-mail: revista.praxis@uce.edu.ec

## Sección Divulgación Científica



## Revisión histórica del descubrimiento del Electrón: Parte II

### *Historical review of the discovery of the Electron: Part II*

 Jonathan Sánchez-Jácome\*

Universidad Central del Ecuador, Centro de Física. Quito, Ecuador. E-mail: [jjsanchezj1@uce.edu.ec](mailto:jjsanchezj1@uce.edu.ec)

Recibido 15 octubre de 2025; aceptado 01 de diciembre de 2025; publicado 05 de diciembre de 2025

### Resumen

En esta entrega se analiza la evolución del conocimiento científico entorno a la electricidad y el magnetismo, desde la Edad Media hasta los inicios de la Revolución Científica. Se expone cómo la filosofía escolástica medieval limitó el progreso del pensamiento científico al privilegiar la autoridad y la especulación, sobre la observación y la experimentación.

Asimismo, se examina la herencia del empirismo árabe procedente de la Edad de Oro del islam, cuya influencia sentó las bases para el método experimental en Europa. Finalmente, se aborda el contexto intelectual y las condiciones históricas bajo las cuales William Gilbert formuló la primera teoría sistemática del magnetismo, marcando un punto de inflexión en la comprensión del fenómeno electromagnético.

De manera complementaria, se analizan sus descubrimientos desde una perspectiva científica actual, destacando su relevancia en la consolidación del pensamiento experimental moderno.

**Palabras clave:** Electricidad, magnetismo, filosofía escolástica, empirismo islámico, revolución científica, William Gilbert.

### Abstract

In this paper, the evolution of scientific knowledge regarding electricity and magnetism is analyzed, from the High Middle Ages to the early stages of the scientific revolution. It explains how medieval scholastic philosophy limited the progress of scientific thought by prioritizing authority and speculation over observation and experimentation.

Likewise, it examines the legacy of Arab empiricism from the Islamic Golden Age, whose influence laid the foundations for the experimental method in Europe. Finally, it explores the intellectual context and historical conditions under which William Gilbert formulated the first systematic theory of magnetism, marking a turning point in the understanding of electromagnetic phenomena. Additionally, Gilbert's discoveries are analyzed from a contemporary scientific perspective, highlighting their relevance in the consolidation of modern experimental thought.

**Keywords:** Electricity, magnetism, scholastic philosophy, islamic empiricism, scientific revolution, William Gilbert.

\* Autor de correspondencia: [jjsanchezj1@uce.edu.ec](mailto:jjsanchezj1@uce.edu.ec)



Este artículo está publicado bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)



## 1. INTRODUCCIÓN

En la Parte I de esta historia se estableció que, desde la prehistoria, la curiosidad humana ha impulsado el descubrimiento de fenómenos que en su momento resultaban inexplicables. A lo largo del tiempo, diversos testimonios de aquellos primeros avances científicos han perdurado gracias a tradiciones escritas, como el mito de Magnes, los relatos sobre Tales de Mileto, los carrozales auto orientables de la antigua China, los tronos levitantes mencionados en narraciones del desierto, el llamado “Cielo de Hierro” y las hilanderas de la antigua Fenicia.

Uno de los principales problemas de esta época era que los descubrimientos científicos no estaban acompañados de registros. Entre otras cosas, esto originó que los conocimientos se tergiversen o se pierdan a lo largo de las generaciones. Por lo que no es sencillo identificar claramente fechas, autores, o la veracidad de los hechos relatados. Esto se identifica en la alta carga esotérica que acompañaba los hechos científicos relatados.

Esta dificultad es evidente, por ejemplo, en los intervalos temporales entre las obras de Plinio el Viejo y Pierre de Maricourt (National Geographic, 2021). Esta tendencia se repite hasta entrado el siglo XIX. Ciertos autores adjudican este hecho a las corrientes epistemológicas de la edad media (Park, 1895). Aunque existieron otros motivos que retrasan los avances científicos, como por ejemplo la misma naturaleza elusiva del electrón. En esta entrega sustentamos la afirmación de Park.

La explicación propuesta a esta situación es que la misma naturaleza de los electrones demandó lo mejor que la humanidad pudo ofrecer. A pesar de que el electrón está siempre presente en la naturaleza, estudiarlo requirió perfeccionar las matemáticas, tecnología y por sobre todo el pensamiento científico de la época. Los avances descritos en esta entrega evidencian el carácter colaborativo y libre de censura de la ciencia.

## 2. DESARROLLO

### 2.1. Revolución del pensamiento científico: Edad Media

En general, tras la caída del Imperio Romano de Occidente, la experimentación y el desarrollo de nuevos conocimientos pasaron a un segundo plano en el ámbito cultural (Park, 1895), al menos en el mundo occidental. La denominada Baja Edad Media corresponde a la historia a partir de finales del siglo XII (García de Cortázar, 2000). Esta división coincide con los descubrimientos de Pierre de Maricourt y con una nueva corriente de pensamiento liderada por Santo Tomás de Aquino (Lindberg & Numbers, 2010).

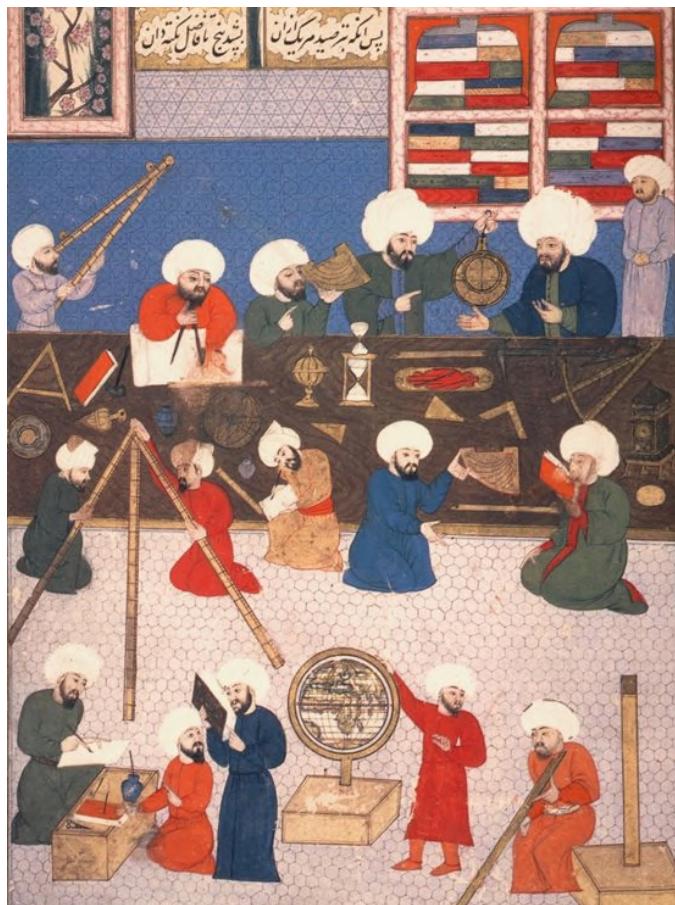
Previo a esta época, las ciencias distintas a la teología eran consideradas paganas (Lindberg & Numbers, 2010). Los pensadores seguían una doctrina platónica que sostenía que toda ciencia podía ser construida a partir de la razón, pero debía estar subordinada a las escrituras bíblicas (Park, 1895). Esto generó dos problemas principales para el progreso de la ciencia. Primero, la experimentación no era considerada importante y desde luego se la consideraba inferior a la razón (Park, 1895). Considerando la alta carga esotérica que tenían los fenómenos eléctricos y magnéticos; las deducciones obtenidas a partir de creencias erróneas obtendrían conclusiones igualmente erróneas. Fue común denominar a estos fenómenos electromagnéticos como malignos o divinos (Park, 1895).

En segundo lugar, cualquier conocimiento que no estuviera vinculado al cristianismo era catalogado como pagano, lo que restringió de manera significativa el acceso a material científico por parte de los eruditos europeos. Esta postura redujo considerablemente la disponibilidad de información proveniente de otras culturas y de períodos históricos anteriores.

Simultáneamente, en otra región del mundo, la Edad de Oro demostraba que tanto la experimentación como la asimilación de



saberes foráneos o históricos eran la base para desarrollar nuevos saberes científicos (La Edad de Oro del islam, la superpotencia medieval, 2024).



**Figura 1:** Astrónomos otomanos realizando observaciones y experimentos en el Observatorio de Estambul, ejemplo del florecimiento científico durante la Edad de Oro del islam, en contraste con la limitada experimentación en Europa antes del siglo XIII (La Edad de Oro del islam, la superpotencia medieval, 2024)

Lamentablemente, esta era terminó a finales del siglo XIII con las invasiones de Gengis Khan, y esta nueva corriente de pensamiento migró al continente europeo (La Edad de Oro del islam, la superpotencia medieval, 2024).

Aunque la secuencia exacta de acontecimientos no está completamente definida, se sabe que hacia finales del siglo XIII esta renovación del pensamiento llegó a la península itálica. Santo Tomás de Aquino fue uno de los principales impulsores del rescate de los saberes clásicos y de la revalorización de la experimentación como vía legítima para comprender el mundo natural (Lindberg & Numbers, 2010).

A diferencia de sus predecesores, esta nueva

forma de crear conocimiento debía ser puesta al servicio de la religión (Park, 1895).

Fue, por ejemplo, Santo Tomás el primer teólogo cristiano que replicó los experimentos del ámbar y la magnetita; y observó la clara discrepancia entre estos fenómenos considerada idéntica por sus predecesores (Park, 1895). Observó por ejemplo que la magnetita no es capaz de atraer hilos como lo hace el ámbar y el ámbar no era capaz de atraer el hierro.

Gracias a la llegada del empirismo islámico a Europa y a las investigaciones de Aquino es que hoy en día denominamos magnetismo a los eventos asociados a la piedra del **mito de Magnes**, aunque ya se sabía que el fenómeno del ámbar era diferente, éste se siguió denominando como magnético (Park, 1895).

En los siglos posteriores, surgieron corrientes tanto a favor como en contra del progreso empírista de la ciencia (Lindberg & Numbers, 2010; Park, 1895). Esto también puede explicarse, en parte, por las crisis del siglo XIV descritas por García de Cortázar (2000), que retrasaron significativamente el avance del conocimiento, además de estar marcado por una profunda censura de la Iglesia.

Recién en el siglo XVI algunos pensadores como Della Porta o Cardano volvieron a experimentar con fenómenos magnéticos. Llegaron incluso a plantear hipótesis para explicar sus observaciones (Park, 1895). Ambos llegaron a tener conflictos con la iglesia católica, poniendo fin a sus carreras científicas. Esta persecución estimuló que el pensamiento científico migrara una vez más.

## 2.2. Empirismo científico y el modelo heliocentrista

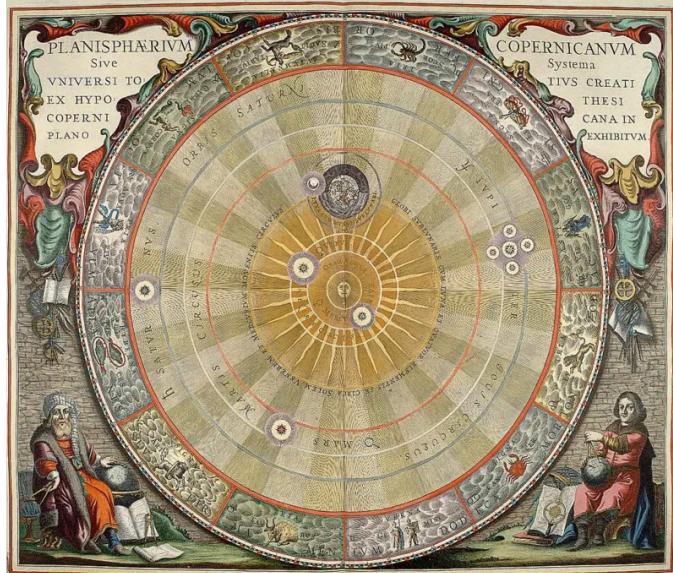
En el siglo XIII, Pierre de Maricourt fue uno de los primeros en llevar registros de sus experimentos con **imanes**. Como consecuencia, dedujo que la Tierra debía ser un gran imán y que la interacción entre el globo y las brújulas no era diferente a la interacción observada entre dos imanes en su laboratorio (A invenção da Bússola, 2021). Por el contrario, en el siglo XVI en Italia, los

pensadores afirmaban que la brújula sentía la atracción de una isla magnética en el polo norte o hacia la estrella polar (Park, 1895). Hoy en día sabemos que la afirmación de Maricourt era correcta a pesar de tener 300 años de desventaja tecnológica. Esto sustenta la tesis de que los descubrimientos necesitaban por sobre todo un cambió en el pensamiento científico.

En este proceso acontecieron varios conflictos entre la iglesia católica y la nueva corriente empirista. Los principales se suscitaron por el modelo heliocentrista. Los personajes más icónicos son Nicolas Copérnico, Galileo Galilei y Giordano Bruno. Cada uno de sus trabajos fueron censurados por la iglesia católica, los últimos dos fueron condenados por herejía y el último fue sentenciado a la hoguera (Draper, 1875).

El conflicto surge por la incompatibilidad del modelo heliocentrista y el geocentrista que defendía la iglesia. Por un lado, la iglesia defendía el geocentrismo ptolemaico. Este modelo sostiene que la Tierra está rodeada por un gran domo donde los astros describen órbitas por voluntad divina. Por el contrario, el modelo heliocentrista de Copérnico afirmaba que los planetas giraban alrededor del sol, aunque no confirma ni refuta la existencia de un medio material (Draper, 1875).

El primer modelo proviene de tradiciones culturales prehistóricas anteriores a la cristiandad y formalizada por Claudio Ptolomeo en el siglo II. Con este modelo no es posible explicar el movimiento retrógrado observado en los planetas. Copérnico propuso que una geometría heliocentrista podría resolver este problema. El cual se sustentó aún más con las observaciones de Galileo de lunas orbitando alrededor de Júpiter, corroborando el modelo. Sin embargo, los defensores del modelo no fueron capaces de explicar la supuesta atracción entre los astros.



**Figura 2:** Diagrama clásico del sistema heliocéntrico de Copérnico, cuya geometría permitió resolver inconsistencias del modelo geocéntrico anterior. (BBC Mundo, 2019, agosto 21)

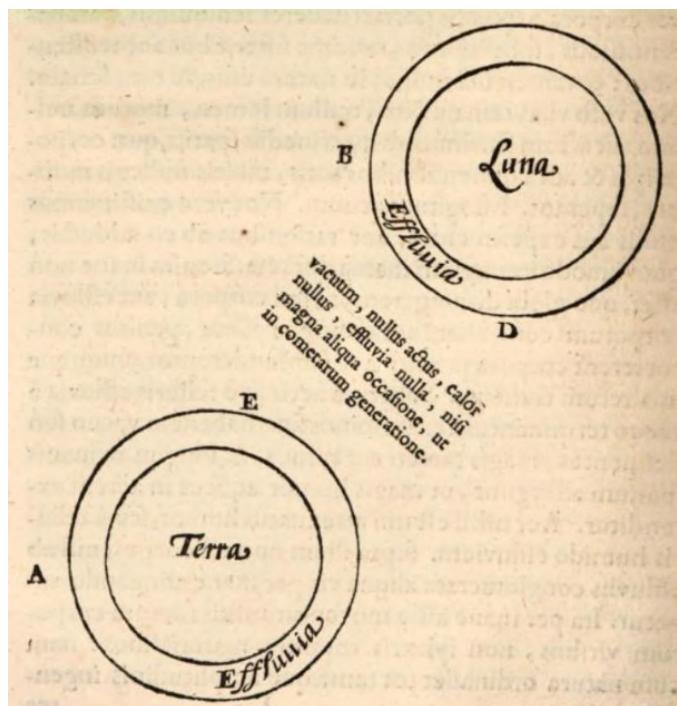
### 2.3. William Gilbert y su teoría electromagnética

Los conflictos suscitados alrededor del modelo heliocentrista demostraron que no era posible mantener un pensamiento filosófico que anteponía las creencias antes que la evidencia empírica. Fue en esta época que un reputado médico y científico llamado William Gilbert se ganaba un lugar en la corte inglesa. Gracias a la reforma anglicana y a la política exterior de Isabel I, el papado perdió su influencia en Inglaterra. Esto le permitió a Gilbert desarrollar su teoría electromagnética cuyo propósito era explicar el mecanismo de atracción del modelo heliocentrista. Se distinguió mucho de sus contemporáneos ya que pudo experimentar libremente. Además, dejó de lado el formato de escritura en octavos que utilizaban los escolásticos, lo que le permitió detallar mejor sus experimentos. Más importante aún, su trabajo no estuvo censurado por la inquisición (Park, 1895).

Gilbert rescató y ensalzó el trabajo de Pierre de Maricourt (matemático, ingeniero y científico francés del siglo XIII conocido principalmente por sus estudios sobre magnetismo). Particularmente, Gilbert observó que la atracción en el modelo heliocéntrico podría explicarse si se demostraba que la Tierra y los



demás astros eran grandes esferas magnéticas (Park, 1895). Este fue el primer intento de explicar con fuerzas naturales esta atracción inexplicable.

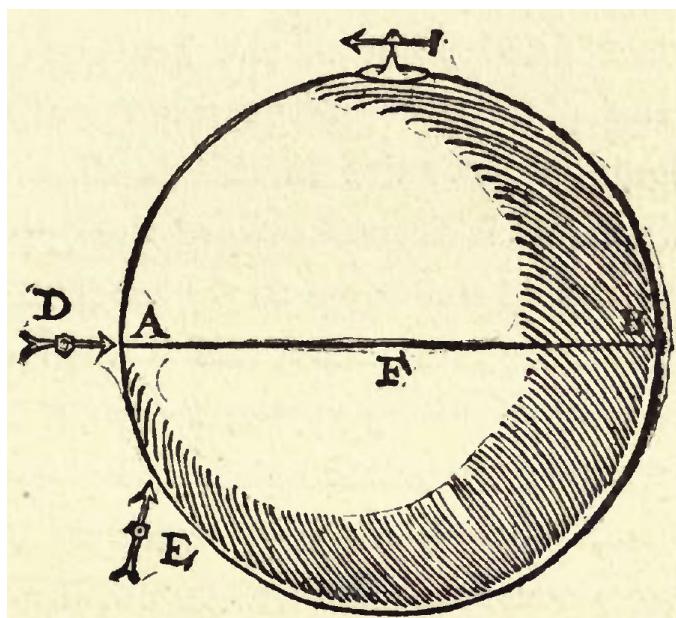


**Figura 3:** Conceptualización de William Gilbert sobre la atracción magnética entre la Tierra y la Luna (Gilbert, 1651, p.68). La ilustración muestra ambos cuerpos como esferas concéntricas rodeadas por "Effluvia" (emisiones en latín), que representan la emanación de fuerzas magnéticas, sugiriendo la influencia de la Tierra sobre la Luna según la hipótesis de Gilbert.

Desde luego, el descubrimiento de esta fuerza de atracción sería otorgado a Isaac Newton varios siglos después, pero en su afán de explicar su teoría, Gilbert sentó las bases del electromagnetismo y la revolución científica del siglo XVII. Para ello Gilbert implementó un primitivo método científico basado en la experimentación. Gran parte de su obra buscaba corregir con evidencia los errores cometidos por sus contrapartes italianas (Park, 1895), de los cuales era un gran detractor (Lindberg & Numbers, 2010).

En su afán por mejorar los resultados de sus experimentos, Gilbert implementó también gran variedad de dispositivos. Por ejemplo: encapsuló la magnetita en una armadura de hierro sobre sus polos porque se sabía que mejoraba mucho la fuerza de atracción. Creó también una réplica miniatura de la Tierra

hecha de magnetita llamada **Terrella**. Con este dispositivo Gilbert fue capaz de constatar que una brújula se comporta de igual forma sobre la superficie de su Terrella a como lo hace en la superficie terrestre. Con esto Gilbert demostraba que la tierra es en efecto una esfera magnética. Y además le permitió desarrollar una técnica con la que podían localizar el norte magnético de la tierra que ayudaría a los navegantes en su labor (Park, 1895).



**Figura 4:** La "Terrella", una esfera imantada utilizada por William Gilbert para explicar el magnetismo terrestre. Al desplazar una aguja de compás alrededor de la Terrella, Gilbert mostró que esta apuntaba siempre en dirección norte-sur, demostrando de manera experimental su teoría sobre el campo magnético de la Tierra (NASA 2001).

Para Refinar su teoría Gilbert creó el segundo gran invento electromagnético de la humanidad, el electroscopio que denominó versorium. Recordemos que hasta la época el único invento existente era la brújula (National Geographic, 2021; Park, 1895), que parece ser más bien una herencia ancestral de la humanidad.



**Figura 5:** El versorium, creado por William Gilbert en el siglo XVI, es considerado el primer dispositivo diseñado para detectar electricidad estática. Consiste en una aguja metálica muy liviana que puede girarse libremente sobre un eje (similar a una brújula, pero sin imán). Cuando un objeto cargado eléctricamente se aproxima, la aguja gira y apunta hacia él, debido a la inducción electrostática. (Beauty of Science, s. f.).

Gracias a su invento, Gilbert distinguió finalmente los fenómenos magnéticos de los eléctricos. Acuñó el término eléctrico gracias a la palabra griega para el ámbar, “Elektron”, que significa hijo del dios sol en griego (Park, 1895). A pesar de su connotación religiosa, se sigue utilizando hasta el día de hoy porque según la tradición griega es el material que utilizó Tales de Mileto para estudiar el fenómeno atracción electrostática 600 años antes de la era común (a.e.c.).

Se puede afirmar que Gilbert fue el pionero de la revolución científica por ser el primero en fundamentar sus dissertaciones con una base empírica (Lindberg & Numbers, 2010). Sin embargo, su método no estuvo exento de errores. Autores como Park afirman que “[...] permaneció en la frontera de la antigua y la nueva filosofía” (1895).

A pesar de que sus razonamientos partían de las limitaciones impuestas por la naturaleza, Gilbert fue en ocasiones laxo al formular sus conjeturas cuando la evidencia disponible era insuficiente (Lindberg & Numbers, 2010). También se equivocó al subordinar la ciencia a sus propias creencias sobre el modelo heliocéntrico (Lindberg & Numbers, 2010; Park, 1895). Del mismo modo, varias de sus investigaciones en electricidad estuvieron orientadas a demostrar que este fenómeno no

intervenía en el movimiento planetario (Park, 1895).

A pesar de ello el aporte de Gilbert a la ciencia resalta por encima de sus contemporáneos y sentó las bases sobre la que se construiría la revolución científica de la edad moderna.

## 2.4. Descubrimientos de Gilbert y su explicación actual

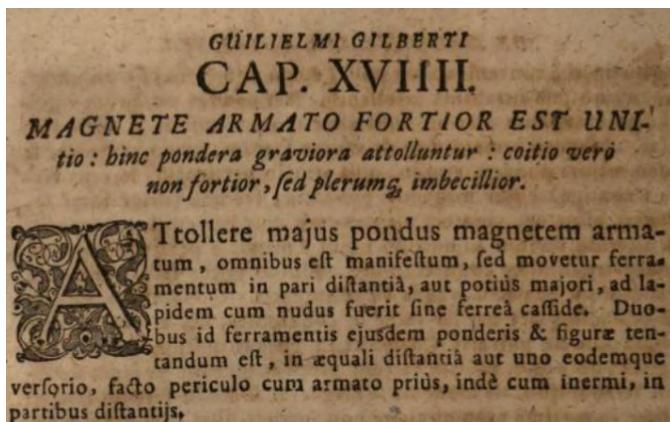
Gracias a sus hallazgos, Gilbert formuló la primera teoría formal electromagnética. Muchos de sus descubrimientos han demostrado ser ciertos hasta hoy, aunque en su momento, con las herramientas disponibles, Gilbert no pudo explicar muchas de ellas.

En las siguientes subsecciones (2.4.1 y 2.4.2) detallaremos sus descubrimientos a la vez que proporcionamos las explicaciones que la ciencia actual nos permite. Parte de las explicaciones presentadas tienen fundamento en las aplicaciones de la primera entrega de esta serie por lo que recomendamos al lector complementar su lectura con dicha entrega ([ver aquí](#)).

### 2.4.1 Descubrimientos de Gilbert y su explicación actual

Desde los descubrimientos de Gilbert se pasó a denominar como ‘fenómenos magnéticos’ a todos aquellos que eran producidos por la magnetita o cualquier otro fenómeno con las mismas características. Hoy en día sabemos que estos fenómenos se producen por momentos magnéticos que están presentes en todos los elementos y sus derivados. Desde luego dependiendo de la magnitud del momento magnético del elemento estudiado, sus efectos serán más apreciables. A continuación, se listan los descubrimientos de Gilbert con su respectiva explicación actual.

**Descubrimiento 1:** La fuerza de atracción de un imán aumenta y se preservaba mejor en el tiempo cuando se colocaba un cobertor de hierro en los polos.



**Figura 6:** Extracto de *De Magnete* de William Gilbert (Gilbert, 1633, p. 90). En el capítulo XIX (numerado como XVIII en la edición original) se incluye la frase en latín: "Magnete armato fortior est unitio", que se traduce como: "El imán armado genera una unión más fuerte".

Hoy en día sabemos que esto sucede gracias a que el hierro tiene una permeabilidad magnética elevada. Esto significa que el material tiene gran facilidad para magnetizarse y permear el campo magnético través de él. En el hierro esto ocurre particularmente porque los espines pueden generar un alto momento magnético. Esto permite que las líneas de campo magnético se concentren al atravesar el cobertor. Una mayor densidad de líneas de campo también significa una mayor fuerza de atracción magnética.

Cuando la magnetita está desnuda, las líneas de campo actúan sobre las moléculas de aire las cuales tienen dificultad para generar momento magnético. Por lo mismo la fuerza magnética se dispersa más y pierde su intensidad local.

Cuando se coloca hierro entre los polos de un imán, la mejor conducción de las líneas de campo inhibe los efectos demagnetizantes propios de un imán que no se encuentra en un medio de alta permeabilidad (aire). Esto preserva mejor el momento magnético en el tiempo.

**Descubrimiento 2:** La atracción magnética no puede ser interrumpida al colocar obstáculos a menos que este sea una placa de hierro.

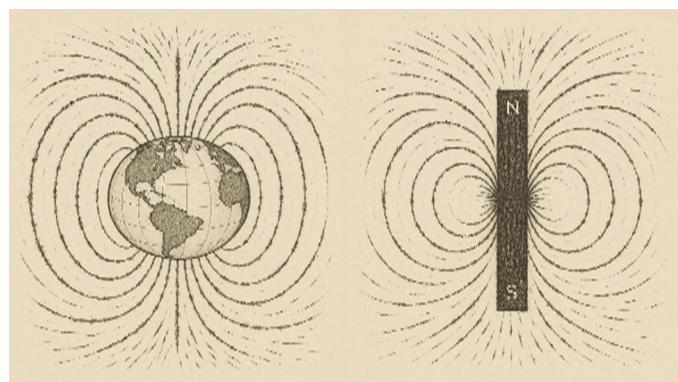
Similar al punto anterior esto se explica gracias a la alta permeabilidad magnética del hierro. Ya que las líneas de campo tendrán preferencia a

viajar dentro de la placa de hierro en lugar deemerger al aire nuevamente.

**Descubrimiento 3:** La Tierra es un imán y tiene polos magnéticos. La aguja de la brújula está orientada por el campo magnético de la Tierra. Y esta se alinea con una gran línea imaginaria denominada meridiano magnético.

Esto se explica ya que la Tierra está formada principalmente por hierro y níquel. En el núcleo más externo de la Tierra estos materiales se encuentran fundidos y gracias a la rotación de la Tierra esto emula una corriente eléctrica. Como se explicará en la tercera entrega de esta serie, esto produce un campo magnético parecido al de un imán con los polos alineados al eje de rotación.

Como consecuencia las líneas del campo magnético de la Tierra son líneas imaginarias que unen el polo sur y el polo norte similar a como lo hacen las líneas magnéticas de un imán.



**Figura 7:** Representación que compara los meridianos magnéticos de la Tierra con las líneas de campo de un imán, reflejando la concepción de William Gilbert, quien sosténía que la Tierra actúa como un gran imán, con polos y líneas de fuerza que orientan la aguja de una brújula como en un imán. Imagen generada por IA.

**Descubrimiento 4:** El hierro adquiere magnetismo de un imán y se vuelve en sí un cuerpo magnético. Por tanto, la atracción entre el hierro y el imán es recíproca y no unilateral. Esta fuerza magnética se puede mover a lo largo de una varilla de hierro desde un extremo al otro. Esto ocurre instantáneamente y no progresivamente como sucede con el calor.

Este efecto se conoce como magnetización y ocurre cuando las líneas de campo atraviesan el hierro y los espines internos se alinean a este campo produciendo un nuevo campo en sí mismo. Esto se conoce como inducción magnética y por tanto la atracción entre el hierro y un imán no es diferente entre un imán y un imán.

Cuando los espines de un extremo de la varilla se someten a inducción magnética estos se comportan como un imán que a su vez induce magnetismo en sus vecinos y estos en sus vecinos.

Este efecto no es instantáneo, pero si ocurre a gran velocidad. Hoy en día sabemos que la velocidad con la que se propaga una perturbación magnética en los espines es superior a la decena de miles de metros por segundo (Xu et al., 2023). A efectos prácticos no es posible que Gilbert hubiese sido capaz de distinguir esta velocidad, por lo que es justificable que la denomine instantánea.

*Descubrimiento 5: Los imanes atraen con mayor fuerza el hierro más puro, el hierro es de mejor calidad cuando se extrae de la magnetita o piedras magnéticas, los imanes más fuertes se hacen con el mejor hierro y una pieza de hierro de alta pureza se puede magnetizar por efectos del campo magnético de la Tierra.*

Estas conjeturas se sustentan en el hecho que el hierro más puro es el que tiene espines con mayor interacción entre ellos y que se alinean fácilmente con campos externos. Por esta misma razón, un hierro de alta pureza puede magnetizarse parcialmente por campos externos débiles como el de la tierra. También se entiende que el hierro extraído de la magnetita sea el más puro por contener un alto contenido de óxidos de hierro.

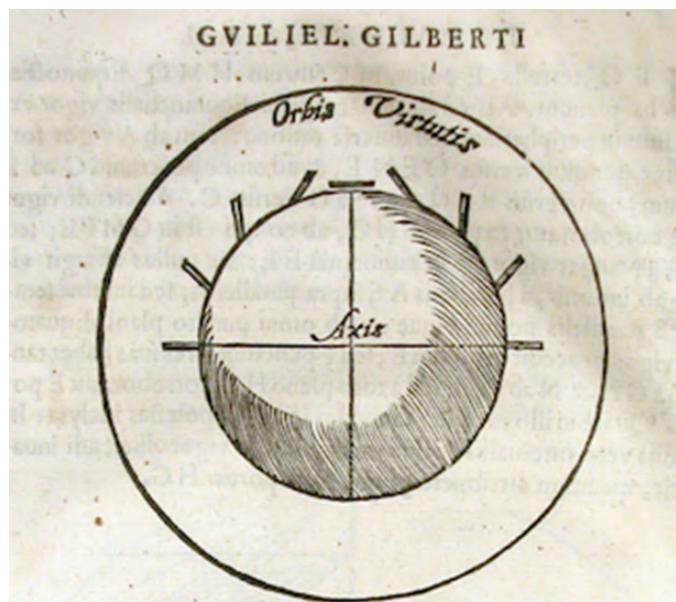
*Descubrimiento 6: Que el hierro se puede magnetizar si se lo alinea en dirección norte-sur y es: martillado, estirado como alambre o calentado y enfriado. Que los cuerpos magnéticos pueden recuperar o incrementar su magnetización con la ayuda de otro imán. Pero los cuerpos que ya están perfectamente magnetizados no pueden magnetizarse más.*

Esto es entendible ya que todas estas alteraciones ingresan energía en el hierro lo que perturba las estructuras magnéticas internas del hierro que al sentir el campo magnético de la Tierra se alinean en estas direcciones. Cuando la perturbación se relaja por enfriamiento o por ausencia del estímulo, los espines quedan fijos en la dirección magnetizada.

Este efecto se puede alcanzar igualmente con ayuda de un imán. Sin embargo, este alcanza un límite cuando todos los espines presentes en el material ya están alineados al campo exterior. Esto se denomina saturación magnética.

*Descubrimiento 7: Los materiales magnéticos poseen un orbe de virtud formado por líneas meridionales que conectan su polo norte y su polo sur.*

El orbe de virtuosidad al que se refería Gilbert corresponde en realidad al campo magnético. Las 'líneas innumerables' que describía pueden interpretarse hoy como las direcciones preferenciales en las que se alinean los materiales magnetizados cuando son sometidos a la acción de dicho campo.



**Figura 8:** Esquema conceptual del orbe de virtuosidad de un imán según de William Gilbert, extraído del libro *De Magnete* (1600, p.73). El circuito externo representa la zona de influencia magnética del imán. El círculo interno representa en sí el imán, con su eje ("Axis") marcado. Las pequeñas líneas que salen del imán indican cómo se manifiesta la fuerza magnética hacia el exterior.



## 2.4.2 Interpretación moderna de los descubrimientos de Gilbert sobre electricidad

El electroscopio de Gilbert era sencillo. Consistía en una aguja suspendida como la de la brújula, con la diferencia de que en esta se podía inducir cargas eléctricas (Park, 1895). Con este dispositivo Gilbert estudió los efectos de la atracción eléctrica. Sin embargo, la misma naturaleza de los electrones y los caprichos del destino hicieron de esta una tarea particularmente ardua para Gilbert (Park, 1895). En general las cargas electrostáticas se pueden acumular de mejor manera en elementos aislantes al ser frotadas. Por esto y por motivos termodinámicos las cargas inducidas en cualquier material pueden fugarse si es que hay exceso de humedad o de temperatura en el ambiente.

El mismo Gilbert decía que un material se podía electrizar fácilmente algunos días y otros no (Park, 1895). Lamentablemente para Gilbert estas condiciones de baja humedad y temperatura no eran comunes en la ciudad de Londres donde estaba su laboratorio. Por lo que con toda certeza esto frustró mucho sus avances en materia eléctrica.

A pesar de ello realizó algunos grandes descubrimientos:

**Descubrimiento 8:** *Hay muchos más materiales susceptibles a electrizarse que los materiales susceptibles al magnetismo. Contrario a lo que se creía en la época.*

La carga electrostática se produce debido a un desbalance de electrones en la materia. Esto no ocurre naturalmente ya que la materia tiende a neutralizarse entre sí. Es decir, los electrones van a tender a moverse de tal forma que siempre haya carga neutra, por lo que es difícil de observar este efecto bajo condiciones no ideales. Por ello se pensaba que este efecto se restringía a algunos elementos, como el ámbar, pero en realidad puede presentarse en cualquier tipo de materia.

A falta de no poder caracterizar más este

efecto. Gilbert definió que no produce atracción eléctrica las siguientes causas:

### 1. Por calor o por fuego

Sabemos que si aumenta la temperatura aumenta también la energía de electrones y por tanto aumenta también la probabilidad que este se movilice a un lugar donde pueda haber carga neutra. Por tanto, calentar un sistema disminuye su electrización.

### 2. Por atracción análoga a una ventosa de vidrio sobre la piel

Se había observado que, al presionar una copa de vidrio pequeña contra la mano, esta queda retenida temporalmente, desafiando la gravedad. Esto ocurre porque parte del aire dentro de la copa escapa al presionar la piel contra la abertura, y al intentar retirar la mano se produce una ligera disminución del volumen dentro de la copa, causando una caída de presión. Como la unión entre la piel y el vidrio es prácticamente impermeable, el aire exterior no puede ingresar inmediatamente. Por ello, la presión atmosférica externa es mayor que la presión interna, lo que mantiene la copa adherida. En realidad, no hay atracción eléctrica entre la copa y la mano; es la presión del aire la que la mantiene en su lugar. Este fenómeno está relacionado con la ley de Boyle y puede observarse en varios experimentos cotidianos, aunque no tiene relación con la electricidad.

### 3. Por buscar otros cuerpos como alimento.

Sabemos que los electrones no buscan alimento. Aunque esta afirmación sea cierta. Lo que sí sabemos es que los electrones pueden atraer elementos electropositivos para contrarrestar su carga.

### 4. Por corrientes de Aire

Sabemos que esto no sería posible. Por ejemplo, la atracción eléctrica se puede producir en el vacío por lo que las corrientes de aire no son responsables de la atracción.



## 5. Por similitud o afinidad de los elementos.

La atracción por cargas eléctricas no distingue el tipo de materia. Por tanto, no existe ningún favoritismo en particular.

**Descubrimiento 9:** *No tiene ningún parecido la atracción eléctrica con la atracción de las plantas al rocío de la mañana.*

Si bien la atracción eléctrica que observó Gilbert no tenía ningún parecido con el mecanismo que las plantas adquieren el rocío matutino. No significa que ambos sean fenómenos aislados. Y es en este punto que radica la verdadera belleza del electrón. Aunque a efectos prácticos son eventos físicos muy diferentes, los electrones son los verdaderos mediadores en ambos casos.

En el caso del ámbar ya sabemos que se produce atracción por presencia excesiva de cargas. Mientras que sabemos que el agua se condensa cuando las moléculas forman enlaces de hidrógeno entre sí. Estos enlaces son posibles gracias al ordenamiento que tienen los electrones dentro de la molécula de agua.

Desde luego, macroscópicamente estos fenómenos son diferentes. Pero a nivel microscópico son esencialmente producidos por un desbalance de cargas.

Gilbert, sin duda, hizo grandes aportes al sustentar sus afirmaciones sobre bases empíricas. Sin embargo, debido a las limitaciones experimentales de la época algunas afirmaciones son erróneas, pero no por ello menos válidas. A pesar de los errores en el método de Gilbert, estos enunciados son el primer representante histórico de verdaderos postulados científicos.

## 3. CONCLUSIONES

A lo largo de este texto se analiza los avances científicos en el campo del electromagnetismo y cómo estos estuvieron profundamente influenciados por las corrientes de

pensamiento de la época. Se evidenció que el verdadero progreso científico exigió lo mejor que la humanidad podía ofrecer en aquel entonces. Gilbert, sin duda, representa un caso excepcional por diversos motivos.

En primer lugar, Gilbert heredó conocimientos científicos que se habían preservado durante miles de años y que viajaron grandes distancias hasta llegar a él. Del mismo modo, recibió la influencia de una nueva corriente filosófica basada en el empirismo, desarrollada durante la Edad de Oro del islam y que, tras enfrentar diversas persecuciones, llegó finalmente a sus manos. Además, Gilbert disfrutó de libertad creativa, pues sus trabajos no estuvieron sujetos a censura alguna. Es importante también destacar que contó con el respaldo económico de la corona inglesa; no parece casualidad que el inicio de la hegemonía inglesa coincida con el surgimiento de la revolución científica en su territorio. Los descubrimientos de Gilbert sobre la brújula reflejan la ventaja tecnológica que produjo su investigación, ventaja que, a su vez, contribuyó a los fines expansivos de la corona.

Desde luego, no se busca transmitir que la investigación científica deba emplearse para fines específicos. Por el contrario, en este escrito se ha subrayado los perjuicios de tal enfoque, pues comprender la naturaleza tiene un valor propio. Este cambio en la manera de pensar fue precisamente lo que la humanidad necesitaba para avanzar tras miles de años de estancamiento científico y social. La capacidad de entender el mundo otorga al ser humano la libertad de tomar decisiones que pueden mejorar su calidad de vida.

Esto se puede notar claramente cuando se contrapone el invento de la brújula, una herencia ancestral de la humanidad, con el electroscopio de Gilbert. En esencia, ambos dispositivos son idénticos en construcción, pero sus aplicaciones muestran claras distinciones. Por un lado, la brújula parece surgir como apoyo en la navegación humana producto de millones de años de conocimiento, y hasta hoy día sigue siendo el instrumento más confiable para



esta tarea. Por otro lado, el electroscopio fue utilizado exclusivamente para la investigación de Gilbert.

¿Se puede afirmar entonces que la brújula es un mejor invento que el electroscopio? La respuesta es no. Si bien la brújula permitió las grandes hazañas de la era de la exploración. Los avances en electricidad originaron una revolución de mayor impacto en la revolución digital.

Con esto se quiere subrayar que, aunque el conocimiento científico no se traduzca de inmediato en progreso tecnológico, ello no disminuye su valor. Nunca se puede descartar que este conocimiento sea útil en el futuro. Por esta razón, afirmamos que el conocimiento, incluso sin aplicación directa, tiene un valor intrínseco.

La verdadera revolución que marcó el tránsito de la Edad Media a la Edad Moderna fue un cambio en el pensamiento colectivo. Cuando decimos que la humanidad tuvo que dar lo mejor de sí para avanzar en el descubrimiento del electrón, nos referimos precisamente a esta revolución científica. En Gilbert se conjugaron las condiciones idóneas que le permitieron desarrollar su teoría; sin embargo, esto no lo hace diferente del lector. Recordemos que la verdadera ventaja de Gilbert residía en la filosofía y los conocimientos que heredó y la libertad que tuvo para desarrollarlos.

En esta segunda entrega se quiere motivar al lector a conservar su curiosidad por explorar el mundo que nos rodea, con el único propósito de comprender las leyes de la naturaleza. El entendimiento y la inventiva han sido siempre una ventaja, desde la prehistoria hasta nuestros días. Al igual que las artes, la ciencia encuentra valor en sí misma. Hoy invitamos a los jóvenes lectores a saciar su curiosidad, prestando atención a los hechos más que a las palabras o creencias.

En el Ecuador hacen falta personas que comprendan el entorno que nos rodea. Somos los únicos habitantes del mundo que tenemos acceso de primera mano al estudio de nuestras personas, animales, plantas, montañas, estaciones, economía, política y muchos otros elementos que conforman nuestro país. Se

invita al joven lector a salir y descubrir los misterios que aún esperan ser revelados.

## 4. REFERENCIAS

- Beauty of Science. (s.f.). History of science. Recuperado el 19 de noviembre de 2025, de <https://www.beautyofscience.com/history-of-science>
- BBC Mundo. (2019, 21 de agosto). La carta perdida de Galileo que cuestiona lo heroico que fue su desafío contra la Iglesia católica. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-49373889>
- Draper, J. W. (1875). History of the conflict between religion and science (Vol. 13). D. Appleton & Company.
- García de Cortázar, J. Á. (2000). Manual de historia medieval. Larousse - Alianza Editorial.
- Gilbert, W. (1600). De Magnete, magneticisque corporibus, et de magno magnete tellure [PDF]. Lancaster University. <https://www.lancaster.ac.uk/fass/projects/gilbert/docs/DeMag.pdf>
- Gilbert, W. (1633). Tractatus, sive physiologia nova de magnete, magneticisque corporibus & magno magnete tellure (W. Lochmann, Ed.). Stettin: Typis Gotzianis.
- Gilbert, W. (1651). De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure. Peter Short. [https://books.google.com.ec/books?id=Z54\\_AAAcAAJ](https://books.google.com.ec/books?id=Z54_AAAcAAJ)
- La Edad de Oro del Islam, la superpotencia medieval. (2024). Historia. National Geographic. [https://historia.nationalgeographic.com.es/a/edad-oro-islam\\_17363](https://historia.nationalgeographic.com.es/a/edad-oro-islam_17363)
- Lindberg, D. C., & Numbers, R. L. (2010). When science and Christianity meet. University of Chicago Press.
- NASA. (2001, 25 de noviembre). Más sobre los trabajos de Gilbert. Recuperado de <https://pwg.gsfc.nasa.gov/earthmag/Mdmagadd.htm> pwg.gsfc.nasa.gov
- National Geographic. (2021). A invenção da bússola. National Geographic. [https://www.nationalgeographic.pt/historia/a-invencao-da-bussola\\_1831](https://www.nationalgeographic.pt/historia/a-invencao-da-bussola_1831)
- Park, B. (1895). A history of electricity: The intellectual rise in electricity from antiquity to the days of Benjamin Franklin. John Wiley & Sons.
- Xu, J., Liao, Z., Wang, Q., Liu, B., Tang, X., Zhong, Z., ... & Jin, L. (2023). Enhancement of Low-k Spin-Wave Transmission Efficiency with a Record-High Group Velocity in YIG/Nonmagnetic Metal Heterojunctions. Advanced Electronic Materials, 9(2), 2201061.

## INFORMACIÓN DE LA REVISTA

### Praxis

Revista del Centro de Física-UCE

<https://revistasdivulgacion.uce.edu.ec/index.php/>

e-ISSN : 3103-1323

Periodicidad: Cuatrimestral

Edición: Núm. 8, diciembre 2025

e-mail: revista.praxis@uce.edu.ec

## Sección Ventana al universo de la Física



## Tensión de Hubble y la expansión acelerada del Universo: Avances con el telescopio James Webb

*Hubble Tension and the Accelerated Expansion of the Universe: Advances with the James Webb Telescope*

 Jorge Chimarro-Alvear \*

Universidad Central del Ecuador, Centro de Física. Quito, Ecuador. E-mail: [jochimarro@uce.edu.ec](mailto:jochimarro@uce.edu.ec)

Recibido 15 octubre de 2025; aceptado 10 de noviembre de 2025; publicado 05 de diciembre de 2025

### Resumen

La medición de la constante de Hubble ( $H_0$ ) —un parámetro que indica la tasa de expansión del universo— ha sido uno de los pilares fundamentales de la cosmología durante más de un siglo. Sin embargo, mediciones recientes de esta constante han revelado una discrepancia en los resultados: conocida como la “Tensión de Hubble”. Esta diferencia se debe a que los valores obtenidos de la constante de Hubble medidos en el universo cercano (basados en observaciones de supernovas y otras estrellas) son mayores que los derivados del universo primitivo (mediante el estudio del fondo cósmico de microondas). El presente trabajo revisa los avances en estas técnicas de medición, desde observaciones clásicas hechas por el telescopio Hubble, hasta las más precisas, como las del telescopio James Webb (JWST). Asimismo, se discuten las implicaciones de la expansión acelerada del universo, así como posibles explicaciones teóricas para la discrepancia. Los hallazgos recientes del JWST, que revelan galaxias masivas y sorprendentemente evolucionadas en etapas tempranas del cosmos, plantean nuevos desafíos y sugieren que la comprensión de la expansión cósmica y del destino del universo aún requiere ajustes.

**Palabras clave:** Expansión del universo, constante de Hubble, tensión de Hubble, energía oscura, James Webb, cosmología moderna.

### Abstract

The measurement of the Hubble constant ( $H_0$ ) —a parameter indicating the rate of expansion of the universe— has been one of the fundamental pillars of cosmology for over a century. However, recent measurements of this constant have revealed a discrepancy in the results, known as the “Hubble Tension.” This difference arises because the values of the Hubble constant obtained from the nearby universe (based on observations of supernovae and other stars) are higher than those inferred from the early universe (through the study of the cosmic microwave background). This paper reviews advances in these measurement techniques, from classical observations made with the Hubble Space Telescope to the more precise ones obtained with the James Webb Space Telescope (JWST). Additionally, the implications of the universe’s accelerated expansion are discussed, as well as possible theoretical explanations for the discrepancy. Recent JWST findings, which reveal massive and surprisingly evolved galaxies in the early stages of the cosmos, pose new challenges and suggest that our understanding of cosmic expansion and the ultimate fate of the universe still requires refinement.

**Keywords:** Cosmic expansion, Hubble constant, Hubble tension, dark energy, James Webb, modern cosmology.

\* Autor de correspondencia: [jochimarro@uce.edu.ec](mailto:jochimarro@uce.edu.ec)

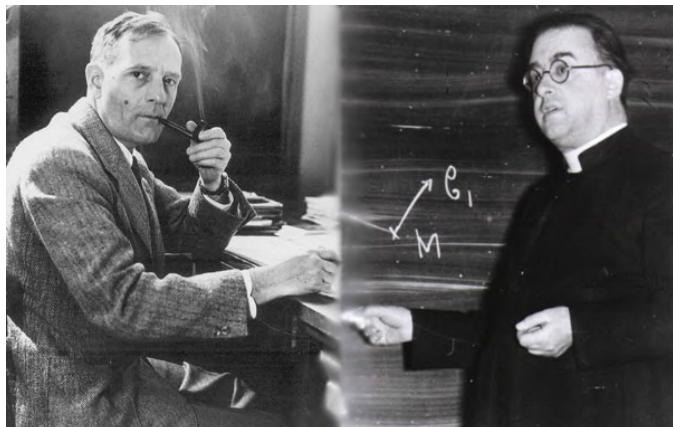


Este artículo está publicado bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)



## 1. INTRODUCCIÓN

Edwin Hubble y Georges Lemaître (Figura 1) fueron dos científicos pioneros de la cosmología moderna, quienes, al observar por primera vez que las galaxias se alejaban unas de otras, sentaron las bases de la revolucionaria idea de que el universo se expande (Hubble, 1929). En las décadas siguientes, esta idea fue confirmada con la detección del fondo cósmico de microondas (CMB, por sus siglas en inglés), así como mediante la observación de supernovas Tipo Ia (Riess et al., 1998; Planck Collaboration et al., 2020). Ambos métodos de observación, como se discutirá en secciones posteriores, permitieron calcular la velocidad de expansión del Universo: también conocida como la constante de Hubble ( $H_0$ ).



**Figura 1:** Hubble (izquierda) y Lemaître (derecha). Hubble, astrónomo estadounidense quien demostró mediante observaciones que las galaxias se alejan unas de otras, y Lemaître, sacerdote y físico belga, quien propuso teóricamente la expansión del universo (Mariscal, 2018)

Sin embargo, con el aumento en la precisión en las mediciones de la constante de Hubble, se identificó una discrepancia significativa entre distintos métodos de observación. Las mediciones basadas en galaxias cercanas, utilizando supernovas tipo Ia, indican valores de  $H_0$  más altos, mientras que los datos provenientes del universo temprano, obtenidos con el CMB, predicen un ritmo más lento (Riess et al., 2024). Esta importante discrepancia, conocida como la Tensión del Hubble, ha sido objeto de estudio por casi un siglo y podría ser una señal de que algo fundamental falta en nuestro modelo del cosmos.

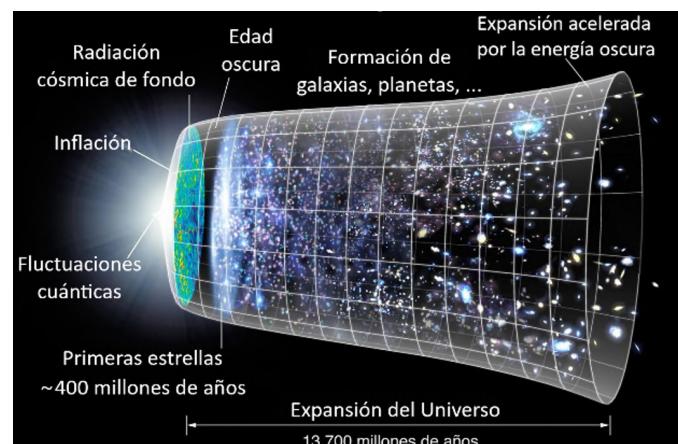
Actualmente, con la llegada del telescopio espacial James Webb (JWST), lanzado en 2021 el cual es capaz de examinar galaxias distantes, estrellas variables y estructuras tempranas con mayor precisión que sus antecesores (NASA Science, 2022b), se abre una nueva era de observación astronómica que podría revelar con mayor exactitud a qué ritmo se expande nuestro universo.

## 2. DESARROLLO

### 2.1. Una expansión que se acelera

A comienzos del siglo XX, Albert Einstein formuló la teoría de la relatividad general introduciendo una constante cosmológica “lambda” ( $\Lambda$ ) para mantener la idea de un universo estático, tal como se creía entonces; sin embargo, pocos años después, Georges Lemaître propuso que las ecuaciones de Einstein también permitían una solución dinámica para un universo en expansión. Esta hipótesis fue confirmada en 1929, cuando Edwin Hubble observó que las galaxias se alejaban unas de otras a velocidades proporcionales a su distancia desde la tierra, una relación que se cumplía para cualquier punto del espacio debido a la expansión homogénea del cosmos, revelando por primera vez la expansión del universo (Hubble, 1929; Lemaître, 1931).

Tal como se observa en la Figura 2, esta expansión se ha mantenido desde los primeros instantes del Big Bang, evolucionando hasta la aceleración observada en la actualidad, impulsada por la energía oscura: una forma de energía misteriosa y dominante.





**Figura 2:** Línea temporal de la evolución del universo, desde el Big Bang, pasando por el fondo cósmico de microondas (CMB), hasta la expansión acelerada impulsada por la energía oscura. El universo se ha expandido durante aproximadamente 13 700 millones de años (Pighi Bel, 2019).

Más adelante, a finales del siglo XX, dos equipos de investigación independientes, liderados por Saul Perlmutter y por Brian Schmidt junto a Adam Riess estudiaron la luminosidad de las supernovas tipo Ia: explosiones estelares que sirven como “candelas estándar” para medir distancias cósmicas. Para sorpresa de la comunidad científica, descubrieron que las supernovas más lejanas eran más tenues de lo esperado, lo que solo podía explicarse si la expansión del universo se estuviera acelerando (Riess et al., 1998).

Este hallazgo, galardonado con el Premio Nobel de Física en 2011, marcó el inicio de una nueva era en cosmología, la introducción del concepto de “energía oscura”, la cual sería responsable de dicha aceleración y que hoy se estima constituye cerca del 70 % del contenido total del cosmos (Blake et al., 2011).

## 2.2. ¿Cómo medimos la expansión del Universo?

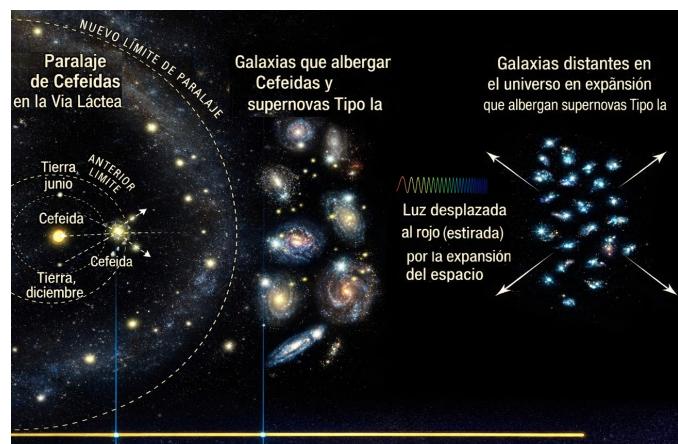
Comprender la velocidad a la que el universo se expande ha sido una de las tareas más complicadas y fascinantes de la astronomía moderna, para lograrlo, los científicos se valen de “reglas cósmicas” que permiten medir distancias a objetos lejanos y comparar su movimiento relativo. Entre las más importantes se encuentran las supernovas tipo Ia, las estrellas Cefeidas y el fondo cósmico de microondas.

Las **supernovas tipo Ia** son explosiones estelares extremadamente luminosas que se producen cuando una enana blanca (el núcleo remanente de una estrella similar al Sol) acumula demasiada materia de una estrella compañera y alcanza un punto crítico, “brillando” con una intensidad casi constante. Gracias a su brillo uniforme, los astrónomos pueden calcular con precisión la distancia a la

que ocurrió esa explosión, puesto que cuanto más débil se observa la supernova, más lejos se encuentra (Riess et al., 1998).

**Las estrellas Cefeidas**, por otro lado, son gigantes amarillas que emiten pulsos de luz de forma rítmica, de la cual existe una relación directa entre el período de sus pulsaciones y su luminosidad real: a mayor período, mayor brillo intrínseco. Midiendo ese ritmo y comparándolo con la luz que nos llega, se puede determinar su distancia. Estas estrellas actúan como una especie de “escala intermedia” que permite calibrar las distancias a las supernovas y, a través de ellas, estimar la velocidad de expansión del universo local (Riess et al., 2024).

Tal como se muestra en la Figura 3, este procedimiento se conoce como los “tres pasos hacia la constante de Hubble”, donde las mediciones locales mediante Cefeidas permiten establecer distancias precisas a galaxias que albergan supernovas tipo Ia, las cuales, a su vez, sirven para extender la escala cósmica hacia galaxias más distantes en la expansión del universo.



**Figura 3:** Los tres pasos hacia la constante de Hubble: desde la medición de Cefeidas en la Vía Láctea, pasando por galaxias anfitrionas de supernovas tipo Ia, hasta la observación de galaxias lejanas en expansión. (Hubble Constant and Tension - NASA Science, 2025).

Finalmente, el **fondo cósmico de microondas (CMB)** constituye la luz más antigua observada del universo, la cual comenzó a propagarse en todas las direcciones aproximadamente 380 000 años después del Big Bang. Al comparar la temperatura que tenía esta radiación en ese momento —comparable a la de la superficie del Sol— con la detectada



actualmente, 2.7 K ( $-270^{\circ}\text{C}$ ), los científicos han podido confirmar la expansión del universo temprano. Esto se debe a que, a medida que el universo se expande, la longitud de onda de la luz aumenta —fenómeno conocido como corrimiento al rojo (redshift)— y, al hacerlo, la radiación se enfriá. Este efecto constituye una evidencia directa de que el universo ha estado expandiéndose desde que esta luz fue emitida.

## 2.3. La Tensión de Hubble

Los resultados de la medición de la constante de Hubble mediante los distintos métodos de observación muestran una discrepancia que supera los márgenes de error estadísticos. Cuando los cosmólogos calculan la expansión a partir del fondo cósmico de microondas (CMB), utilizando los datos obtenidos por el satélite Planck, los resultados indican que el universo temprano evoluciona de manera consistente con una constante de Hubble cercana a 67 kilómetros por segundo por megapársec<sup>1</sup> (Planck Collaboration et al., 2020). Este valor contrasta con las mediciones locales basadas en Cefeidas y supernovas Tipo Ia, que señalan un ritmo de expansión más alto, alrededor de 73 kilómetros por segundo por megapársec (Riess et al., 2024).

Para ilustrar estos resultados de manera sencilla, se puede usar la metáfora de dos relojes del cosmos: uno que mide el presente y otro que refleja el pasado profundo. La diferencia entre los valores determinados para  $H_0$  sugiere que estos relojes no estarían sincronizados. Por tanto, determinar cuál de los dos marca la 'hora correcta' podría implicar una revisión fundamental de nuestra comprensión del universo.

Hasta ahora, los distintos resultados encontrados han convertido la tensión de Hubble en una de las principales controversias de la cosmología contemporánea (Hensley, 2024; CERN Courier, 2025).

## 2.4. James Webb: Una segunda mirada al Universo

El telescopio espacial James Webb (JWST), lanzado en 2021, ha transformado por completo la forma en que observamos el universo. Gracias a su capacidad para captar luz infrarroja, puede atravesar las densas nubes de polvo cósmico para observar regiones que resultaban inaccesibles para su antecesor, el telescopio Hubble. Esta ventaja tecnológica permite estudiar con una nitidez sin precedentes la estructura y evolución de galaxias muy lejanas. Como resultado, ha sido posible redefinir con mayor precisión los métodos empleados para medir la expansión cósmica.

Durante 2024, dos estudios fundamentales aportaron resultados que, aunque distintos, convergen en la idea de que la expansión del universo sigue siendo un misterio abierto. Adam Riess y su equipo utilizaron el JWST para recalibrar las observaciones de estrellas Cefeidas, sus análisis mostraron que los posibles errores sistemáticos de las mediciones previas (como la confusión de estrellas en regiones muy densas) no bastan para explicar la discrepancia entre los valores de expansión obtenidos localmente y los derivados del universo primitivo; Con los nuevos datos, el equipo de Riess determinó una constante de Hubble de  $73,0 \pm 1,0$  kilómetros por segundo por megapársec, prácticamente idéntica a las estimaciones previas realizadas con el telescopio Hubble, mientras que los valores inferidos a partir del fondo cósmico de microondas medido por Planck continúan en torno a  $67,4 \pm 0,5$  kilómetros por segundo por megapársec (Planck Collaboration et al., 2020). En consecuencia, la llamada tensión del Hubble persiste con una confianza estadística del orden de cinco desviaciones estándar, lo que indica que la probabilidad de que esta discrepancia sea producto del azar es extremadamente baja y confirma que la tensión del Hubble persiste (Riess et al., 2024).

Por otra parte, Wendy Freedman y su grupo de investigación aplicaron tres métodos de

<sup>1</sup>Un megapársec (Mpc) es una unidad astronómica de longitud que equivale a 3,26 millones de años luz, o,  $3.086 \times 10^{19}$  Km.



calibración distintos: Cefeidas, estrellas de la rama de gigante roja y estrellas de carbono en un conjunto de galaxias observadas también por el JWST, sus resultados ofrecieron un valor de la constante de Hubble ligeramente menor, lo que sugiere que la discrepancia podría no ser tan extrema como se pensaba inicialmente (Freedman et al., 2025).

Más allá de este debate, las imágenes obtenidas por el James Webb han revelado galaxias masivas y sorprendentemente evolucionadas formadas apenas 300 millones de años después del Big Bang, lo que desafía los modelos actuales de formación galáctica y plantea la posibilidad de que el universo temprano fuera mucho más activo de lo previsto (Wright, 2024).



**Figura 4:** Campo profundo tomado por el telescopio espacial James Webb (JWST). Considerada la imagen más nítida y profunda del universo primitivo hasta la fecha, revela galaxias que antes no eran visibles y ayudará a comprender con mayor precisión la expansión cósmica (NASA Science, 2022).

El descubrimiento de la expansión acelerada del universo consolidó el modelo  $\Lambda$ CDM (Lambda-Cold Dark Matter) como el marco teórico que mejor describe la evolución cósmica, sin embargo, las recientes observaciones del telescopio espacial James Webb (JWST) han revelado galaxias masivas y sorprendentemente evolucionadas en etapas muy tempranas del universo, lo que plantea nuevos interrogantes sobre los fundamentos de este modelo.

Tal como se observa en la Figura 4, el campo profundo captado por el telescopio espacial James Webb (JWST) representa la imagen más nítida y profunda del universo primitivo obtenida hasta la fecha, en ella se revelan galaxias que antes eran invisibles incluso para

los instrumentos más potentes, permitiendo observar estructuras formadas apenas unos cientos de millones de años después del Big Bang.

Este nivel de detalle no solo ofrece una ventana sin precedentes hacia las primeras etapas cósmicas, sino que también permitirá medir con mayor precisión la velocidad de expansión del universo, afinando los modelos actuales y aportando nuevas pistas sobre la tensión del Hubble.

### 3. DISCUSIÓN

La persistencia de la discrepancia entre los valores de la constante de Hubble obtenidos a partir del universo cercano y del universo primitivo ha impulsado una intensa búsqueda de explicaciones teóricas.

Entre las hipótesis más discutidas destaca la de la energía oscura temprana (EDE – Early Depth Energy), la cual propone la existencia de un componente energético transitorio presente poco después del Big Bang. Esta energía habría modificado brevemente el ritmo de expansión del universo y el tamaño del horizonte acústico, entendido como la distancia máxima que pudo recorrer el sonido en el universo primitivo y que actúa como una regla cósmica para medir cómo ha cambiado el tamaño del universo; al alterar esta referencia, los cálculos derivados del fondo cósmico de microondas se ajustan, reduciendo la discrepancia en los valores de la constante de Hubble ( $H_0$ ). No obstante, este modelo requiere una calibración muy precisa de sus parámetros para no entrar en conflicto con otras observaciones cosmológicas (Simpson et al., 2025).

Otra línea de investigación apunta a una posible modificación de la gravedad; según esta idea, la teoría de la relatividad general, la cual es extraordinariamente exitosa a escalas planetarias y galácticas, podría necesitar ajustes cuando se aplica al universo entero; algunos modelos alternativos sugieren que la fuerza gravitacional podría variar ligeramente con la escala o con el tiempo cósmico, lo que alteraría la tasa de expansión sin requerir



nuevos tipos de energía (Blake et al., 2011). Sin embargo, estas propuestas enfrentan el reto de mantener coherencia con las pruebas experimentales de la relatividad en sistemas más pequeños, donde la teoría de Einstein ha sido verificada con enorme precisión.

Una tercera posibilidad plantea que el problema podría originarse dentro del propio "lado oscuro" del cosmos y las interacciones entre la materia oscura y la energía oscura. Si ambos componentes, que en conjunto constituyen alrededor del 95 % del contenido del universo, intercambiaron energía o momento, el ritmo de expansión podría variar ligeramente con el tiempo (Simpson et al., 2025). Aunque esta idea resulta atractiva porque no exige romper con la relatividad general, su principal dificultad radica en que las interacciones oscuras son extremadamente difíciles de detectar de manera directa.

Por último, algunos investigadores continúan evaluando la posibilidad de errores sistemáticos residuales en las mediciones; factores como la calibración de las candelas estándar, la contaminación por estrellas cercanas o los sesgos instrumentales podrían haber influido en las estimaciones previas. Sin embargo, los datos obtenidos por el telescopio James Webb han descartado en buena medida que estos efectos sean suficientes para explicar la discrepancia (Freedman et al., 2025; Riess et al., 2024).

En conjunto, ninguna de estas hipótesis ha logrado resolver de forma definitiva la tensión del Hubble, puesto que, cada una de ellas aporta una pieza distinta al rompecabezas y mantiene viva la discusión sobre si el universo obedece plenamente a las leyes conocidas o si, sobre él, actúan fuerzas y principios todavía por descubrir.

## 4. CONCLUSIONES

El universo no solo se expande, sino que lo hace a un ritmo cada vez más acelerado, un hecho comprobado por múltiples investigaciones desde el descubrimiento de Edwin Hubble hasta las observaciones más recientes del telescopio

espacial James Webb (JWST). Sin embargo, la llamada tensión del Hubble continúa siendo una de las discrepancias más persistentes en cosmología.

Las mediciones locales, basadas en Cefeidas y supernovas tipo Ia, sitúan el valor de la constante de Hubble en torno a 73 kilómetros por segundo por megapársec, mientras que los datos del fondo cósmico de microondas obtenidos por el satélite Planck indican un valor menor, de aproximadamente 67 kilómetros por segundo por megapársec.

Los resultados del JWST han confirmado la solidez de las mediciones locales y, además, han revelado galaxias formadas mucho antes de lo previsto. Esto sugiere que los modelos actuales podrían necesitar ajustes. Entre las posibles explicaciones teóricas destacan la energía oscura temprana, las hipótesis de gravedad modificada y las interacciones entre materia y energía oscura; sin embargo, ninguna ha alcanzado algún consenso dentro de la comunidad científica.

Resolver esta discrepancia no solo redefinirá el valor de la constante de Hubble, sino también nuestra comprensión de la estructura, la historia y el destino del universo.

## 5. REFERENCIAS

- Agencia SINC. (2011). Nobel de Física 2011 para el descubrimiento de la expansión acelerada del universo. <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Nobel-de-Fisica-2011-para-el-descubrimiento-de-la-expansion-acelerada-del-universo>
- Blake, C., Glazebrook, K., Davis, T. M., Brough, S., Colless, M., Contreras, C., Couch, W., Croom, S., Drinkwater, M. J., Forster, K., Gilbank, D., Gladders, M., Jelliffe, B., Jurek, R. J., Li, I., Madore, B., Martin, D. C., Pimbblet, K., Poole, G. B., ... Yee, H. K. C. (2011). The WiggleZ Dark Energy Survey: Measuring the cosmic expansion history using the Alcock-Paczynski test and distant supernovae. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 418(3), 1725–1735. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2011.19606.x>
- CERN Courier. (2025, marzo 26). The Hubble tension. CERN Courier. <https://cerncourier.com/a/the-hubble-tension/>
- Freedman, W. L., Madore, B. F., Hoyt, T. J., Jang, I. S., Lee, A. J., & Owens, K. A. (2025). Status Report on the Chicago-Carnegie Hubble Program (CCHP): Measurement of the Hubble Constant Using the



- Hubble and James Webb Space Telescopes. *The Astrophysical Journal*, 985(2), 203. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/adce78>
- Hensley, K. (2024). Monthly Roundup: Perspectives on the Hubble Tension. *AAS Nova Highlights*, 12173.
  - Hubble, E. (1929). A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 15(3), 168–173. <https://doi.org/10.1073/pnas.153.168>
  - Hubble Constant and Tension—NASA Science. (2025, agosto 4). <https://science.nasa.gov/mission/hubble/science/science-behind-the-discoveries/hubble-constant-and-tension/>
  - Lemaître, G. (1931). A homogeneous universe of constant mass and increasing radius accounting for the radial velocity of extra-galactic nebulae. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 91, 483–490.
  - Mariscal, P. (2018, noviembre 6). La controversia sobre el descubrimiento de la expansión del Universo. *Naukas*. <https://naukas.com/2018/11/06/la-controversia-sobre-el-descubrimiento-de-la-expansion-del-universo/>
  - NASA Goddard Space Flight Center. (2021, mayo 26). Type Ia supernovae animations [Web page]. Scientific Visualization Studio, NASA. <https://svs.gsfc.nasa.gov/20344/>
  - NASA Science. (2022a, julio 11). Webb's First Deep Field Unveiled (NIRCam Image). <https://science.nasa.gov/asset/webb/webbs-first-deep-field-unveiled-nircam-image/>
  - NASA Science. (2022b, julio 12). Webb's First Deep Field (NIRCam Image). <https://science.nasa.gov/asset/webb/webbs-first-deep-field-nircam-image/>
  - Pighi Bel, P. (2019, marzo 1). La expansión del universo se está acelerando más de lo calculado (y los científicos no saben por qué). BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-47377878>
  - Planck Collaboration, Akrami, Y., Argüeso, F., Ashdown, M., Aumont, J., Baccigalupi, C., Ballardini, M., Banday, A. J., Barreiro, R. B., Bartolo, N., Basak, S., Benabed, K., Bernard, J.-P., Bersanelli, M., Bielewicz, P., Bonavera, L., Bond, J. R., Borrill, J., Bouchet, F. R., ... Zonca, A. (2020). Planck 2018 results: II. Low Frequency Instrument data processing. *Astronomy & Astrophysics*, 641, A2. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201833293>
  - Riess, A. G., Anand, G. S., Yuan, W., Casertano, S., Dolphin, A., Macri, L. M., Breuval, L., Scolnic, D., Perrin, M., & Anderson, R. I. (2024). JWST Observations Reject Unrecognized Crowding of Cepheid Photometry as an Explanation for the Hubble Tension at  $8\sigma$  Confidence. *The Astrophysical Journal Letters*, 962(1), L17. <https://doi.org/10.3847/2041-8213/ad1ddd>
  - Riess, A. G., Filippenko, A. V., Challis, P., Clocchiatti, A., Diercks, A., Garnavich, P. M., Gilliland, R. L., Hogan, C. J., Jha, S., Kirshner, R. P., Leibundgut, B., Phillips, M. M., Reiss, D., Schmidt, B. P., Schommer, R. A., Smith, R. C., Spyromilio, J., Stubbs, C., Suntzeff, N. B., & Tonry, J. (1998). Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant. *The Astronomical Journal*, 116(3), 1009–1038. <https://doi.org/10.1086/300499>
  - Simpson, G., Bolejko, K., & Walters, S. (2025). Beyond  $\Lambda$ CDM: How the Hubble tension challenges early Universe physics. *Classical and Quantum Gravity*, 42(14), 143001. <https://doi.org/10.1088/1361-6382/adec35>
  - Wright, K. (2024). JWST Sees More Galaxies than Expected. *Physics*, 17, 23. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.132.061002>

## INFORMACIÓN DE LA REVISTA

# Praxis

Revista del Centro de Física-UCE

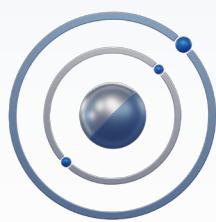
<https://revistasdivulgacion.uce.edu.ec/index.php/>

e-ISSN : 3103-1323

Periodicidad: Cuatrimestral

Edición: Núm. 8, diciembre 2025

e-mail: revista.praxis@uce.edu.ec



# CENTRO DE FÍSICA

Universidad Central del Ecuador



# Praxis