

Electrostática en conflicto: Potenciando habilidades de pensamiento científico a través de Experimentos Discrepantes

Cristian Camilo Moreno Arias

Asesor:

Jhonny Gómez Amaya

Universidad Pedagógica Nacional de Colombia

Facultad de Educación

Especialización en Pedagogía

Bogotá D.C.

2025

Tabla de contenido

Introducción.....	1
Contexto problemático	2
Objetivo general	4
Objetivos específicos	5
Elementos justificatorios.....	5
Metodología.....	6
1. Capítulo 1: Aportes de los Experimentos Discrepantes en la enseñanza de la física.....	9
2. Capítulo 2: La electrostática por frotamiento en clave de ExD	14
2.1 Fundamentos y contexto histórico de la electrostática.....	14
2.2 La electrificación por frotamiento y los materiales.....	15
2.3 La serie triboeléctrica: una herramienta para la predicción experimental	17
2.4 La electrostática en la enseñanza.....	18
3. Capítulo 3: Elementos pedagógicos para la enseñanza de la electrostática por medio de ExD	19
3.1 Disonancia o conflicto cognitivo	20
3.2 Intuición en la física	21
3.3 Habilidades científicas	23
3.3.1. Observación:.....	23
3.3.2. Formulación de hipótesis:	24
3.3.3. Explicación científica:.....	24
3.4 Fundamentos de la didáctica de la física	25
4. Capítulo 4: Propuesta sobre los ExD para la enseñanza de la electrostática por frotamiento.	26
4.1 Descripción de la secuencia didáctica	27
4.2 El experimento discrepante como estrategia de enseñanza de la electrostática.....	28
5. Capítulo 5: Análisis y sistematización de la práctica.....	29
5.1 Caracterización de la población	29
5.2 Analizando las hipótesis de los estudiantes.....	30
5.3 Analizando las observaciones de los estudiantes	34

5.4 Analizando las explicaciones de los estudiantes.....	40
Hallazgos.....	49
Conclusiones.....	50
Recomendaciones.....	51
Referencias Bibliográficas	53
Anexos	56
Anexo 1: Guía de Laboratorio	56
Anexo 2: Rúbrica de Evaluación	62
Anexo 3: Consentimiento Informado	64
Anexo 4: Evidencias de algunas presentaciones de los estudiantes	66

Introducción

La enseñanza de la física, en muchos contextos escolares, ha sido reducida a la transmisión mecánica de conceptos, fórmulas y leyes, sin espacio para el asombro, la pregunta o la contradicción. Esta forma de enseñar ha limitado a los estudiantes para que vivan la ciencia como una experiencia de construcción de sentido, más allá de la memorización. Frente a esta realidad, surge la necesidad de explorar estrategias que despierten la curiosidad, movilicen el pensamiento crítico y promuevan un aprendizaje más activo y significativo.

En este trabajo se propone una alternativa: el uso de los experimentos discrepantes (ExD) como una herramienta pedagógica para transformar la manera en que los estudiantes de grado noveno del Instituto Pedagógico Nacional se aproximan a la electrostática por frotamiento. Los ExD (en adelante ExD), al desafiar las expectativas y generar conflicto cognitivo, permiten que el error, la sorpresa y la intuición se conviertan en puntos de partida para la comprensión científica. Desde esta perspectiva, se busca potenciar habilidades como la observación, la formulación de hipótesis y la explicación científica, articulando saberes previos con nuevos marcos conceptuales.

Esta propuesta no pretende ofrecer una receta didáctica, sino abrir preguntas sobre cómo enseñar física desde el asombro, resignificar el rol del maestro como mediador del pensamiento científico, y acompañar a los estudiantes en su tránsito desde lo intuitivo hacia lo explicativo. En suma, este trabajo es una invitación a repensar la clase de ciencias como un espacio donde la duda sea bienvenida, el error tenga valor formativo y la experiencia sea el eje del aprendizaje.

Contexto problemático

La enseñanza de la física presenta un desafío, ya que generalmente el papel de los docentes de física se limita a ser transmisores de información, mientras que los estudiantes son receptores pasivos de ese conocimiento. Según Barbosa (2009) uno de los tantos problemas de la metodología tradicional es que, debido al afán por cumplir con un plan curricular, no hay tiempo para escenarios donde se genere gusto y actitud, por el asombro, la observación, la pregunta, la conjetura, el análisis, entre otros. Este enfoque tradicional suele llevar a una repetición mecánica de contenidos, leyes y teorías sin un verdadero entendimiento, lo que resulta en una desmotivación constante entre los estudiantes para aprender. Además, estos contenidos generalmente se presentan descontextualizados, sin ninguna conexión con situaciones reales o aplicaciones prácticas, lo que agrava aún más la falta de interés en los estudiantes.

Cuando los estudiantes encuentran motivación a través del asombro, la duda y la experimentación, se sienten impulsados a responder mediante hipótesis o conjeturas, basándose en sus experiencias e intuiciones sobre lo que creen que sucederá en un experimento. Un ejemplo de esto se evidenció en una actividad realizada con el grado noveno del Instituto Pedagógico Nacional, en donde se les planteó preguntas sobre la caída libre de diferentes objetos; luego, ellos plantearon hipótesis en respuesta a estas preguntas y, finalmente, observaron lo que ocurría con los objetos en caída libre.

Una de las situaciones planteadas fue: "*Si arrancamos una hoja de un cuaderno y dejamos caer ambos desde la misma altura, ¿qué caerá primero, la hoja o el cuaderno?*". Muchos estudiantes respondieron acertadamente que el cuaderno caería primero. Posteriormente, se les preguntó: "*¿Qué creen que sucedería si colocamos la hoja sobre el cuaderno?*". Sorprendentemente, la mayoría respondió que la hoja saldría volando y, por lo tanto, el cuaderno caería primero. Al accionar el fenómeno, la hoja y el cuaderno cayeron al tiempo. Esto invita a reflexionar:

¿cómo influyen la intuición y la experiencia de los estudiantes para que el resultado del experimento sea opuesto a lo que esperaban?

Esta actividad es denominada un Experimento Discrepante (ExD), según Barbosa (2009) Un ExD es un montaje que al accionarlo manifiesta un fenómeno impactante o contraintuitivo para el estudiante, el cual puede corresponder a un suceso que ocurre cuando el observador está esperando otro. Dicho en otras palabras, un ExD exhibe una fenomenología sorpresiva, inesperada, paradójica y que sorprende la intuición de quien lo observa.

La actividad experimental en la enseñanza de la física es fundamental para fortalecer las habilidades científicas de los estudiantes. Según los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales del Ministerio de Educación (2004), estas habilidades incluyen la exploración de hechos y fenómenos, el análisis de problemas, la observación, la recopilación y organización de información relevante, el uso de diversos métodos de análisis, la evaluación de procedimientos y la comunicación de resultados. Los ExD desempeñan un papel crucial al fomentar la formulación de hipótesis, su verificación y análisis mediante la observación y la teoría, especialmente cuando los resultados no coinciden con las expectativas iniciales.

Esta visión crea un ambiente en el aula donde se fomenta la formulación de preguntas, el debate, la crítica, el desacuerdo, la propuesta, el apoyo y la mejora de ideas sobre fenómenos físicos, incentivando tanto a los estudiantes como a los docentes a desarrollar su autonomía intelectual. Esto influye en las dinámicas que propone el profesor, el uso de actividades experimentales y cómo estas ayudan a los estudiantes a construir un lenguaje que les permita explicar un fenómeno específico. En consecuencia, el rol del maestro deja de ser el de transmisor de conocimiento, transformándose en un facilitador del proceso de construcción del saber, tanto propio como de sus estudiantes, a través de su interacción con el entorno.

Por otro lado, en la malla de la asignatura de física de grado noveno del Instituto Pedagógico Nacional se encuentra la electrostática como concepto central de estudio. De acuerdo con Tamayo y Tarazona, (2011) respecto de la electrostática, en particular, normalmente no se tiene un conjunto de experiencias ordenadas coherentemente que sean funcionales para la cotidianidad, a lo sumo existen pequeñas anécdotas accidentales en las cuales se hace referencia a algunos efectos electrostáticos.

A diferencia de otros fenómenos físicos, el ser humano no está dotado sensorialmente para la detección de efectos electrostáticos, como sí sucede, por ejemplo, con los fenómenos térmicos, pues allí podemos identificar que está frío o caliente según nuestra sensación, por lo tanto, es importante organizar y diseñar experiencias que permita la posibilidad de detectar efectos como la atracción o la repulsión, asociados a cuerpos electrificados (Tamayo y Tarazona, 2011)

Teniendo en cuenta lo anterior, surge la pregunta de investigación del presente trabajo: *¿Qué tipos de experimentos discrepantes electrostáticos son efectivos para fortalecer en los estudiantes las habilidades de formulación de hipótesis, observación y explicación científica?*

Objetivo general

Implementar experimentos discrepantes electrostáticos por frotamiento para analizar su fortalecimiento en las habilidades científicas de formulación de hipótesis, observación y explicación científica en los estudiantes de grado noveno del Instituto Pedagógico Nacional.

Objetivos específicos

- Caracterizar las habilidades científicas de formulación de hipótesis, observación y producción de explicaciones científicas en los estudiantes de grado noveno del Instituto Pedagógico Nacional.
- Utilizar experimentos discrepantes electrostáticos por frotamiento que fortalezcan las habilidades de formulación de hipótesis, observación y producción de explicaciones científicas en los estudiantes.
- Analizar la incidencia de experimentos discrepantes electrostáticos por frotamiento en el fortalecimiento de las habilidades científicas de formulación de hipótesis, observación y producción de explicaciones en los estudiantes.

Elementos justificatorios

El presente trabajo es relevante porque aborda un área poco explorada en la enseñanza de la física. De acuerdo con los trabajos de Barbosa en 2008 y 2009, aún falta mucho por descubrir sobre cómo estos experimentos pueden transformar la forma en que los estudiantes aprenden ciencia. Al investigar qué tipos de experimentos son más efectivos para desarrollar habilidades como la observación y la explicación científica, este trabajo no solo beneficiará a los estudiantes de hoy, sino que también abrirá el camino para futuras investigaciones y mejoras en la enseñanza de la física.

Esta investigación, por tanto, busca transformar esa dinámica. Es importante porque propone un aprendizaje más activo, donde los estudiantes vivan y se apropien de los conceptos, más allá de memorizarlos. En lugar de ver la ciencia como algo ajeno, los ExD les permiten experimentar fenómenos de manera directa, aprender de sus propias hipótesis y ver cómo la ciencia puede desafiar sus expectativas. Según Barbosa (2009) un aspecto importante de los ExD es que pueden potenciar el trabajo en grupo, invitando a los estudiantes a que accionen, charlen, anoten lo que los sorprenda, sus interrogantes, sus dificultades, sus conjeturas, etc. Al conformar

grupos de trabajo, se observa que el estudiante debe esforzarse a emitir sus razonamientos y a expresar ideas coherentes para sus compañeros que escuchan. Se nota que esto los hace crecer en su discurso.

Barbosa (2008) también menciona que los ExD se han usado en distintas situaciones del aprendizaje en física como una herramienta de motivación y asombro en estudiantes de licenciatura, ingeniería y educación media. En cada caso se ha logrado una postura activa del estudiante y aprendizaje de la física con más sentido.

Desde una perspectiva más amplia, este enfoque no solo impacta a los estudiantes, sino también a los docentes. Hoy día, muchos profesores tienen la necesidad de cumplir con un currículo, sin tiempo para explorar nuevas formas de enseñanza. Este trabajo ofrece una oportunidad para que los docentes redescubran su papel como guías en la construcción del conocimiento de sus estudiantes, a través de preguntas y desafíos que estimulen la creatividad y el pensamiento crítico. En lugar de ser simples transmisores de conocimiento, los docentes se convierten en facilitadores del aprendizaje, capaces de despertar la curiosidad y el deseo de aprender con sus estudiantes.

Metodología

Para responder al objetivo de este trabajo, se desarrolló una investigación de tipo cualitativa. Este enfoque fue el más adecuado, ya que permitió explorar a profundidad cómo los estudiantes construyen significado a partir de los ExD, cómo responden ante la disonancia cognitiva y cómo evolucionan sus explicaciones científicas en el contexto del aula. Según Flick (2018), esta es fundamental para comprender fenómenos sociales y educativos, pues se enfoca en interpretar significados, procesos y experiencias en su contexto natural. En este caso, el método en mención también facilitó el análisis de la evolución de las habilidades de

observación, construcción de hipótesis y explicaciones científicas, utilizando instrumentos como rúbricas diseñadas para captar datos descriptivos y relacionales.

La modalidad del presente trabajo corresponde al desarrollo de una propuesta didáctica, entendida como un conjunto de actividades pedagógicas diseñadas con una intención formativa, en este caso, una propuesta didáctica centrada en ExD. Esta modalidad buscó intervenir de manera directa en el desarrollo de habilidades científicas de los estudiantes, proponiendo una alternativa para el abordaje de la electrostática por frotamiento. La propuesta se diseñó, implementó, sistematizó y analizó en contexto real del aula, lo cual permitió interpretar procesos de construcción de sentido y evolución conceptual desde una mirada situada y reflexiva.

En el contexto particular de la enseñanza de la física, este trabajo busca comprender cómo los estudiantes construyen significado frente a los fenómenos de la electrostática por frotamiento, a partir de su interacción con los experimentos discrepantes (ExD), sus intuiciones y saberes previos. En ese sentido, se reconocen aportes tanto de la perspectiva fenomenológica como de la empírica: por un lado, se otorga relevancia a la experiencia vivida por los estudiantes, en consonancia con la fenomenología educativa propuesta por van Manen (1990); y por otro, se recogen y analizan datos observables mediante instrumentos como rúbricas, registros orales, escritos y guías de laboratorio, desde un enfoque empírico cualitativo (Maxwell, 2013).

No obstante, la postura epistemológica que sustenta este trabajo es mayoritariamente interpretativa, ya que el interés central se orienta en comprender los sentidos que los estudiantes construyen en su interacción con los fenómenos físicos, reconociendo que el conocimiento surge en contextos situados, mediados por el lenguaje, la cultura y la experiencia social (Lincoln & Guba, 1985). Así, más que comprobar hipótesis, el propósito es interpretar cómo los estudiantes observan, explican y resignifican los fenómenos electrostáticos vividos en el aula.

La metodología que se siguió en la elaboración del presente trabajo estuvo comprendida por las siguientes fases, dentro de las cuales se abordaron los objetivos e intenciones de este:

Fase 1: *Reconocimiento de la problemática y revisiones documentales disciplinares y pedagógicas.* Correspondió a la revisión de los documentos que sirvieron de base en la construcción del marco teórico y con ellos la construcción de la problemática del trabajo de investigación.

Fase 2: *Diseño y elaboración de los ExD en la electrostática por frotamiento.* Comprendió la elaboración de ExD que se consideren pertinentes para cumplir con el objetivo del trabajo.

Fase 3: *Diseño e implementación de la unidad didáctica.* A partir de la revisión documental se propuso y se llevó a la práctica una experiencia de aula. Los datos se recogieron con base en guías de laboratorio y audios, donde los estudiantes realizaban la formulación de hipótesis, la descripción de las observaciones y las explicaciones.

Fase 4: *Análisis y sistematización de la experiencia de aula.* Se examinó la evolución de las explicaciones a partir de los ExD construidos y la comprensión sobre la electrostática por frotamiento.

De esta manera se construyó el cuerpo del trabajo de investigación, dividido en 5 capítulos:

Capítulo 1: *Aportes de los Experimentos Discrepantes en la enseñanza de la física.* Presenta una revisión crítica de diferentes trabajos relacionados con los ExD en la enseñanza de la física, destacando sus aportes y limitaciones desde distintas perspectivas teóricas y metodológicas.

Capítulo 2: *La electrostática por frotamiento en clave de ExD.* Aborda los fundamentos teóricos y pedagógicos de la electrostática por frotamiento, integrando

su contexto histórico, su comportamiento en distintos materiales y su potencial didáctico en el aula mediante el uso de ExD.

Capítulo 3: *Elementos Pedagógicos para la enseñanza de la Electroestática por medio de ExD.* Explora tres componentes esenciales para potenciar aprendizajes significativos en la enseñanza de la física a través de ExD: la disonancia cognitiva, la intuición y el desarrollo de habilidades científicas.

Capítulo 4: *Propuesta sobre los ExD para la enseñanza de la electroestática por frotamiento.* Ejemplifica una propuesta didáctica para la enseñanza de la electroestática por frotamiento basada en el uso de ExD como estrategia central para promover el aprendizaje significativo.

Capítulo 5: *Análisis y sistematización de la práctica.* Plantea la formulación de las hipótesis, las observaciones y las explicaciones generadas por los estudiantes a partir de los experimentos construidos y la comprensión sobre la electroestática por frotamiento.

1. Capítulo 1: Aportes de los Experimentos Discrepantes en la enseñanza de la física

Uno de los trabajos más destacados, en cuanto a los experimentos discrepantes, es de Barbosa (2009), titulado "*Los Experimentos Discrepantes en el Aprendizaje Activo de la Física*" donde presenta una estrategia pedagógica innovadora centrada en los ExD. Estos experimentos, diseñados para generar fenómenos inesperados que contradicen las expectativas comunes, buscan fomentar el aprendizaje activo y participativo en la enseñanza de la física.

El propósito del artículo fue ilustrar cómo los ExD crean un escenario fértil para el desarrollo de habilidades como la observación, la argumentación, la abstracción y la modelación, permitiendo que los estudiantes jueguen con la fenomenología y exploren de manera creativa los principios físicos. Barbosa detalla diversas experiencias y prototipos utilizadas en diferentes niveles educativos, como

licenciatura e ingeniería, donde los ExD han demostrado ser efectivos para motivar a los estudiantes y mejorar su comprensión de conceptos complejos. Además, crea una lista de ExD pertinentes para llevar al aula de clases:

Tabla 1

Montajes de ExD y temáticas

<i>Montaje</i>	<i>Temática</i>
• El soplador [7]	• Ecuación de Bernoulli, mov. semi-parabólico.
• Burbuja en tubo [35]	• Cinemática unidimensional
• Compuerta mágica [34]	• Ecuación de Young-Laplace
• Deslizador [35]	• Leyes de Newton
• Plano Inclinado con dos trayectorias distintas [35]	• Energía Mecánica
• Tippe Top [34, 8, 9]	• Cinemat. y dinámica rotacional.
• Esfero retráctil con cinturón [35]	• Centro de gravedad
• Chimenea mágica [35]	• Termodinámica
• Cuna de Newton [35]	• Colisiones
• Molinillo mágico [34]	• Oscilaciones
• Generador V. G. [13]	• Electrostática
• Electroimán [34]	• Magnetostática

Nota. Tomado de Los Experimentos Discrepantes en el aprendizaje activo de la física. Barbosa (2008)

El documento se apoya en la teoría de la disonancia cognitiva de Festinger, que describe cómo los estudiantes, al enfrentarse a fenómenos que contradicen sus expectativas, se ven impulsados a ajustar sus creencias y conocimientos para resolver la disonancia que experimentan. Este proceso es fundamental para el aprendizaje significativo, ya que los lleva a replantear sus ideas y desarrollar nuevas comprensiones.

Además de exponer el poder pedagógico de los ExD, el texto en mención presenta ejemplos concretos como el "Tippe Top" o el "soplador mágico", y discute las implicaciones educativas de usar estos experimentos en el aula. El autor concluye que, aunque la implementación de esta estrategia puede requerir tiempo y esfuerzo por parte del profesor, los beneficios para el aprendizaje de los estudiantes son significativos, generando motivación, curiosidad y un aprendizaje más profundo y duradero de los principios físicos.

Por otro lado, Castañeda (2022), aborda la relación entre intuición y ciencia, especialmente en el campo de la física en su artículo titulado *"Sobre intuición en física: una conversación que nunca se dio"*. El reconocido físico colombiano reflexiona sobre cómo la intuición ha jugado un papel crucial en los avances científicos a lo largo de la historia. La narrativa, presentada como una conversación ficticia con un colega, se sumerge en ejemplos de intuiciones científicas profundas que han llevado a descubrimientos revolucionarios desde la antigüedad hasta el siglo XX. A través de la conversación, Castañeda (2022) destaca que la intuición no es solo un acto psicoemocional, sino también un proceso intelectual que permite a los científicos percibir y comprender fenómenos complejos antes de que sean verificados experimentalmente. Ejemplos como la intuición de Maxwell sobre las ondas electromagnéticas o la de Einstein sobre el quantum de luz, muestran cómo estas corazonadas intelectuales han sido fundamentales para la ciencia.

El autor también hace referencia a la intuición estética, donde la belleza y la simetría de las leyes físicas juegan un rol inspirador en la formulación de teorías. A lo largo del texto, se exploran temas como la naturaleza de la luz, las ondas gravitacionales, y las teorías atómicas, subrayando la importancia de la intuición en la construcción del conocimiento científico.

Este documento es relevante para el presente trabajo de investigación porque alude sobre los procesos de pensamiento creativo y lógico en la ciencia, ofreciendo una reflexión profunda sobre la interacción entre intuición y conocimiento en el avance de la física, lo cual proporcionaría bases sólidas en los ExD.

A su turno, *"La Braquistócrona: Un Experimento Discrepante Útil para la Enseñanza del Principio de Conservación de la Energía Mecánica"* de Cortés (2015), presentado como trabajo de grado en la Universidad Pedagógica Nacional, aborda el uso de un experimento discrepante para enseñar el principio de conservación de la energía mecánica, para lo cual se enfoca en el diseño y aplicación del experimento de la braquistócrona en un plano inclinado, como una estrategia pedagógica para promover el aprendizaje activo de la física, y utiliza este experimento como una herramienta para generar disonancia cognitiva en los estudiantes, al presentarles fenómenos que desafían sus expectativas, lo que facilita el replanteamiento y la comprensión profunda de los conceptos físicos, particularmente la conservación de la energía mecánica.

El autor implementa un enfoque cuantitativo para medir la ganancia conceptual de los estudiantes, utilizando pre-tests y post-tests para evaluar su comprensión antes y después de la intervención pedagógica. Los resultados mostraron una mejora significativa en la comprensión de los estudiantes sobre el principio de conservación de la energía, con una ganancia de aprendizaje medida a través del índice de Hake.

Este trabajo destaca la importancia de los ExD en la enseñanza de la física, ya que generan motivación e interés entre los estudiantes al enfrentarse a resultados inesperados. Además, proporciona una base sólida para incorporar metodologías de aprendizaje activo en la educación científica, proponiendo una alternativa innovadora frente a los enfoques tradicionales de enseñanza.

En resumen, el documento en cuestión aporta un valioso ejemplo del uso de experimentos discrepantes en el aula, no solo para mejorar la comprensión de conceptos específicos, sino también para fomentar un ambiente de aprendizaje más participativo y reflexivo.

Castillo (2015) desarrolló un trabajo de grado de maestría titulado *"Uso de experimentos discrepantes y grado de motivación en estudiantes de la escuela preparatoria 'Profesor Ignacio Carrillo Franco'"*, allí explora el impacto de los

experimentos discrepantes en la motivación de los estudiantes hacia la física. Este estudio fue realizado en la Universidad de Morelia, con un enfoque cuantitativo, experimental y longitudinal, abarcando el curso escolar. El trabajo se centra en medir cómo los ExD, diseñados para generar asombro y desafiar las expectativas previas de los estudiantes, afectan su motivación hacia el estudio de la física.

La investigación fue aplicada a 71 estudiantes de primer año de la escuela preparatoria "Profesor Ignacio Carrillo Franco", utilizando un pre-test y un post-test para medir los niveles de motivación antes y después de la implementación de los experimentos discrepantes. Los resultados mostraron un aumento significativo en la motivación de los estudiantes tras la intervención, con un tamaño del efecto alto, lo que indica un cambio positivo en la actitud de los estudiantes hacia la física. Esto fue corroborado mediante pruebas estadísticas, demostrando que los experimentos discrepantes son una herramienta eficaz para incrementar la motivación de los alumnos.

Otro trabajo realizado en Colombia sobre ExD fue desarrollado por Amado y Correa Ortiz (2020), el cual aborda el uso de ExD como una estrategia didáctica innovadora para mejorar el interés y las actitudes hacia la ciencia, en particular la física, entre estudiantes de la Institución Educativa San Francisco de Asís.

La investigación se enfoca en diseñar, aplicar y evaluar una serie de experimentos discrepantes que desafían las expectativas previas de los estudiantes, generando sorpresa y motivándolos a buscar explicaciones científicas. A través de estos, los autores pretenden fomentar una mayor participación activa de los estudiantes en el proceso de aprendizaje, lo que a su vez puede contribuir a un cambio positivo en sus actitudes hacia el estudio de la física, como se muestra en los resultados obtenidos en las pruebas de actitud aplicadas antes y después de la intervención.

El trabajo parte del planteamiento de que muchos estudiantes muestran desinterés hacia la ciencia debido a metodologías tradicionales centradas en la memorización

y la falta de experimentación activa. Los experimentos discrepantes, al generar disonancia cognitiva, motivan a los estudiantes a resolver el conflicto entre lo que esperaban y lo que observan, favoreciendo así el aprendizaje significativo. Ejemplos de los experimentos aplicados incluyen el tubo de Lenz y la braquistócrona, que permitieron a los estudiantes explorar conceptos como la conservación de la energía y la ley de Faraday.

En conclusión, este trabajo ofrece un modelo valioso para integrar experimentos discrepantes en el aula, evidenciando su potencial para mejorar el interés y la comprensión de los estudiantes, haciéndolos partícipes activos de su propio proceso de aprendizaje.

2. Capítulo 2: La electrostática por frotamiento en clave de ExD

2.1 Fundamentos y contexto histórico de la electrostática

La electrostática es la rama de la física que estudia las cargas eléctricas en reposo y las interacciones que emergen entre cuerpos electrizados. Su desarrollo ha sido clave para la comprensión de los fenómenos eléctricos y electromagnéticos, constituyéndose como una de las bases de la física clásica. Históricamente, los primeros registros sobre la atracción de cuerpos ligeros por frotamiento con ciertos materiales datan de la Antigua Grecia con Tales de Mileto, quien observó que, al frotar ámbar con piel, este atraía pequeños objetos (Serway & Jewett, 2014).

Durante los siglos XVII y XVIII, físicos como William Gilbert y Charles du Fay sentaron las bases de la electrificación por contacto y frotamiento, diferenciando entre dos tipos de carga: positiva y negativa. Sin embargo, fue James Clerk Maxwell en el siglo XIX quien, a través de su trabajo teórico y experimental, dio un marco unificado a los fenómenos eléctricos y magnéticos. Sus ecuaciones constituyen un hito en la historia de la física, al modelar la interacción entre campos eléctricos y

magnéticos, y permitir la descripción matemática de los fenómenos de carga, campo y potencial eléctrico (Maxwell, 1873).

2.2 La electrificación por frotamiento y los materiales

La electrificación por frotamiento es uno de los mecanismos más accesibles para estudiar la electrostática en contextos escolares. Ocurre cuando dos materiales distintos se frotan, provocando una transferencia de electrones de un cuerpo al otro, dependiendo de sus propiedades atómicas y su posición relativa en la serie triboeléctrica. El cuerpo que pierde electrones queda cargado positivamente, y el que los gana, negativamente (Tipler & Mosca, 2005).

Un aspecto fundamental de este proceso es el comportamiento de los materiales conductores y aislantes. Los conductores, como los metales (aluminio, cobre, acero), permiten el libre movimiento de cargas eléctricas a través de su estructura interna, lo que hace que no retengan carga estática por mucho tiempo. Por el contrario, los aislantes (como el vidrio, el plástico, la madera seca o el PVC) presentan una alta resistencia al movimiento de electrones, lo que facilita que acumulen y mantengan carga eléctrica en su superficie durante más tiempo (Giambattista, Richardson & Richardson, 2011).

La clasificación de los materiales como conductores o aislantes no es absoluta, ya que también existen los semiconductores (silicio y germanio) cuya capacidad de conducción depende de factores externos como la temperatura o la presencia de impurezas. Sin embargo, para fines didácticos, la distinción entre aislantes y conductores es útil para predecir el comportamiento de los materiales frente a la electrificación por frotamiento.

La siguiente tabla contiene un resumen sobre algunos materiales que se pueden usar para electrificar por frotamiento:

Tabla 2*Materiales conductores y aislantes, atrae, repele o nada*

Material	Conductor / Aislante	¿Atrae / Repele / Nada? (después de frotar)	Características
Aluminio	Conductor	Nada	No retiene carga estática; pierde fácilmente electrones.
Vidrio	Aislante	Atrae	Al frotarse, puede cargarse positivamente; clásico en experimentos de carga.
Plástico (general)	Aislante	Atrae	Se carga negativamente con facilidad al frotarse.
Metal (genérico)	Conductor	Nada	Igual que el aluminio; requiere conexión a tierra para mostrar efectos.
Bolsa plástica	Aislante	Atrae	Similar a otros plásticos; se carga fácilmente.
Cartón	Aislante (débil)	A veces atrae levemente	Puede retener algo de carga si está seco, pero es poco eficiente.
Madera (seca)	Aislante (débil)	Nada o leve atracción	No se carga fácilmente, especialmente si hay humedad.
CD (plástico)	Aislante	Atrae	Puede cargarse por fricción como otros plásticos.

Tubo de PVC	Aislante	Atrae fuertemente	Uno de los clásicos en demostraciones de carga negativa.
Globo	Aislante	Atrae fuertemente	Muy eficaz al cargarse por fricción (ej. en el cabello).
Regla de plástico	Aislante	Atrae	Otro material clásico para mostrar atracción electrostática.

Nota. Datos recogidos por experimentos propios

2.3 La serie triboeléctrica: una herramienta para la predicción experimental

La serie triboeléctrica es una clasificación empírica de los materiales según su tendencia a ganar o perder electrones durante el frotamiento. Los materiales ubicados en la parte superior de la serie (como el vidrio o el cabello) tienden a ceder electrones y quedar cargados positivamente, mientras que los materiales en la parte inferior (como el PVC, el teflón o la franela) tienden a captar electrones y quedar cargados negativamente. Esta diferencia de comportamiento permite anticipar el tipo de carga que adquirirá cada cuerpo tras el contacto (Serway & Jewett, 2014).

Aunque la serie triboeléctrica no es universal ni única, ya que puede variar ligeramente dependiendo de las condiciones ambientales y del estado de los materiales, sigue siendo una herramienta útil para que los estudiantes formulen hipótesis, realicen comparaciones y analicen resultados experimentales. En contextos educativos, su uso contribuye a visibilizar el carácter sistemático de la observación y la importancia de relacionar lo empírico con modelos teóricos.

2.4 La electrostática en la enseñanza

Los ExD son actividades experimentales diseñadas para generar fenómenos que desafían las expectativas y concepciones previas de los estudiantes, causando un efecto sorprendente y contraintuitivo. Este tipo de experimentos opera mediante la exposición a situaciones físicas o científicas que no concuerdan con el conocimiento cotidiano o las intuiciones previas de los observadores, generando una confrontación entre lo esperado y lo observado. Según Barbosa (2008), los ExD se consideran altamente efectivos en la enseñanza de ciencias, pues promueven la observación crítica, la formulación de preguntas y la necesidad de reorganizar o revisar conceptos.

Según Cortés Pulgarín (2015), su implementación en el aula fomenta el interés y la participación activa, logrando un aprendizaje significativo. Por ejemplo, el experimento de la braquistócrona-plano inclinado confronta las ideas previas de los estudiantes al mostrar que una esfera que sigue una trayectoria curva puede alcanzar un punto final antes que otra en una trayectoria recta. Este tipo de experiencia crea un ambiente en el que los estudiantes pueden formular hipótesis, observar los resultados y analizar las razones que explican el fenómeno.

En este sentido, la enseñanza de la electrostática por frotamiento ofrece una oportunidad para promover habilidades científicas como la formulación de hipótesis, la observación sistemática y la explicación causal. Una estrategia particularmente potente en este proceso es el uso de ExD, entendidos como situaciones experimentales en las que el resultado contradice las expectativas iniciales del estudiante, provocando así una disonancia cognitiva que favorece la reconstrucción del conocimiento (Mestre, 1994).

En el caso de la electrificación por frotamiento, estos experimentos pueden diseñarse a partir de materiales cotidianos que, al ser frotados, no producen el efecto esperado (por ejemplo, que un objeto no atraiga papel cuando se creía que sí lo haría, o que materiales similares produzcan efectos distintos). Esta

contradicción entre la hipótesis y la observación permite generar preguntas, contrastar saberes previos y movilizar explicaciones más complejas desde un marco conceptual más científico.

El enfoque experimental que recupera el valor del error, la sorpresa y la reformulación es coherente con la visión de la ciencia como proceso dinámico y no como acumulación de verdades fijas. De este modo, los experimentos discrepantes no solo permiten visibilizar el fenómeno físico, sino también activar procesos de pensamiento crítico, colaboración, argumentación y metacognición, elementos centrales en una didáctica de las ciencias centrada en el aprendizaje significativo.

3. Capítulo 3: Elementos pedagógicos para la enseñanza de la electrostática por medio de ExD

En la enseñanza de la física, y particularmente en el abordaje de fenómenos complejos como la electrostática, resulta fundamental considerar no solo los contenidos conceptuales, sino también los procesos cognitivos y pedagógicos que median el aprendizaje de los estudiantes. Este capítulo aborda tres elementos clave que permiten comprender cómo los Experimentos Discrepantes (ExD) pueden convertirse en herramientas potentes para promover aprendizajes significativos: la disonancia cognitiva, la intuición en física y el desarrollo de habilidades científicas.

Estos elementos no actúan de forma aislada, sino que se entrelazan en el aula como parte de una dinámica que impulsa a los estudiantes a cuestionar sus ideas previas, a confiar en sus percepciones y a construir explicaciones cada vez más rigurosas. Así, se propone que el uso intencionado de los ExD no solo genera asombro, sino que activa procesos de reconstrucción conceptual y fortalece la capacidad de observar, hipotetizar y explicar desde una lógica científica.

3.1 Disonancia o conflicto cognitivo

La disonancia cognitiva es una teoría psicológica desarrollada por Festinger en 1957, la cual explica que, cuando una persona sostiene simultáneamente dos o más ideas, creencias o actitudes contradictorias, experimenta una incomodidad o tensión interna. En el contexto educativo, este conflicto surge cuando un estudiante se enfrenta a una experiencia que contradice su conocimiento previo o su intuición sobre un fenómeno específico. Este estado de disonancia provoca una motivación intrínseca para resolver la discrepancia, lo que usualmente lleva a la reorganización y reconstrucción del conocimiento (Festinger, 1957)

En la enseñanza de las ciencias, la disonancia cognitiva es un recurso pedagógico útil, pues impulsa a los estudiantes a buscar nuevas explicaciones y cuestionar sus ideas previas; cuando se utilizan experimentos discrepantes, la disonancia resultante lleva a los estudiantes a experimentar la necesidad de resolver la incongruencia, facilitando así la adquisición de nuevos conocimientos y habilidades analíticas. Festinger sugiere que la única manera de resolver esta disonancia en un entorno controlado de aprendizaje es mediante la adaptación de nuevas ideas y la construcción de un marco conceptual que permita la coherencia interna (Harper, 2017)

Un ejemplo claro de disonancia cognitiva en la enseñanza de la electrostática por frotamiento se presenta cuando los estudiantes se enfrentan a un experimento que contradice sus creencias previas sobre la carga eléctrica. Muchos de ellos sostienen la idea de que “si se frota un objeto, siempre se carga y atrae otros cuerpos pequeños”, una noción que han construido a partir de experiencias cotidianas como frotar un globo contra el cabello y ver cómo atrae papelitos. Esta concepción suele afianzarse con demostraciones iniciales en clase, donde se frota un globo con una prenda de lana y se observa cómo pequeños trozos de papel saltan hacia él y se adhieren, confirmando aparentemente sus expectativas.

Para generar un conflicto cognitivo, el docente frota una barra metálica, por ejemplo, de cobre o aluminio, con una tela, esperando obtener el mismo efecto. Sin embargo, al acercarla a los papelitos, los estudiantes observan que no ocurre nada: los trozos de papel no son atraídos. Este resultado contradice no solo la expectativa general de que “frotar siempre carga un objeto”, sino también la creencia específica de que, “como el metal es conductor, debería cargarse más fácilmente”.

Esta observación provoca un conflicto entre el conocimiento intuitivo del estudiante y la evidencia empírica que acaba de presenciar. Es en este momento cuando se manifiesta la disonancia cognitiva, entendida como la incomodidad que surge al mantener dos ideas contradictorias (Festinger, 1957). Lejos de ser un obstáculo, esta tensión cognitiva se convierte en una oportunidad pedagógica fundamental. Al buscar resolver la contradicción, el estudiante se ve motivado a replantear sus ideas y explorar explicaciones más complejas, como la diferencia entre conductores y aislantes en el contexto del electrificar por frotamiento, el hecho de que los metales permiten que las cargas se distribuyan rápidamente (y por lo tanto no se acumulan si el objeto está conectado a tierra o si se sostiene con la mano), y la importancia del aislamiento para que se manifieste el efecto electrostático.

Este proceso de reorganización conceptual impulsa el desarrollo de habilidades científicas como la observación crítica, la formulación de hipótesis y la búsqueda de coherencia interna entre teoría y evidencia. En este sentido, el ExD no solo genera disonancia cognitiva, sino que la convierte en motor de aprendizaje, permitiendo al estudiante superar ideas erróneas y avanzar hacia una comprensión más profunda de los fenómenos físicos.

3.2 Intuición en la física

La intuición en la física es la habilidad para comprender fenómenos físicos de forma rápida y sin la necesidad de razonamiento lógico detallado. Es un tipo de conocimiento no verbal que permite a los individuos anticipar comportamientos y resultados en situaciones físicas basadas en experiencias previas, observación de

patrones y la estructura de eventos naturales. Esta capacidad es esencial para que los estudiantes puedan resolver problemas de forma creativa y comprender conceptos complejos sin tener que recurrir siempre a fórmulas o cálculos matemáticos (Castañeda Sepúlveda, 2020).

Román Castañeda (2020) plantea que la intuición física se puede cultivar a través de experiencias educativas que refuercen la visualización, la representación mental y la familiarización con patrones recurrentes en la física. Los ExD son herramientas valiosas para desarrollar esta intuición, pues exponen a los estudiantes a escenarios en los que deben observar, reflexionar y predecir resultados sin depender exclusivamente de una explicación lógica previa. La intuición física, entonces, permite una comprensión holística y contextual de los fenómenos físicos, aportando una base sólida sobre la cual construir un entendimiento científico más formal.

Un ejemplo de intuición en física dentro del contexto de la electrostática por frotamiento puede observarse cuando se invita a los estudiantes a predecir el comportamiento de distintos materiales al ser frotados y acercados a objetos livianos, como trozos de papel. Al haber experimentado previamente cómo un globo frotado con una prenda de lana atrae los papelitos, muchos estudiantes desarrollan una intuición basada en la regularidad del patrón observado: "si froto un objeto, este atraerá cosas pequeñas". Esta intuición, aunque no formal ni completamente correcta, les permite anticipar comportamientos físicos sin recurrir a fórmulas o explicaciones teóricas.

Para cultivar y desafiar esta intuición, se puede introducir un experimento discrepante. El docente presenta dos objetos: una regla de plástico y una cuchara metálica. Ambos se frota con un paño seco y se acercan a los papelitos. Como es esperable, la regla de plástico atrae los papelitos, pero la cuchara metálica no genera ninguna interacción visible. Este resultado sorprende a los estudiantes, pues contradice su intuición inicial basada en el patrón aprendido con el globo. Muchos podrían incluso anticipar que, por ser metálica, la cuchara debería cargarse más

fácilmente, dada la noción generalizada de que los metales “conducen la electricidad”.

Este momento es clave para el desarrollo de la intuición física. Lejos de invalidarla, el experimento discrepante la pone a prueba y la refina. A partir de la observación directa y la reflexión sobre los resultados, los estudiantes comienzan a ajustar su comprensión intuitiva: no es solo el acto de frotar lo que determina si un objeto se carga, sino también el tipo de material y las condiciones del entorno. Así, desarrollan una representación mental más rica del fenómeno, incorporando distinciones como la diferencia entre conductores y aislantes, o la necesidad de que el objeto esté eléctricamente aislado para acumular carga.

3.3 Habilidades científicas

Los experimentos discrepantes no solo tienen el potencial de generar disonancia cognitiva o desafiar intuiciones, sino que también constituyen un escenario privilegiado para el desarrollo de habilidades científicas. En particular, permiten potenciar de forma activa y situada la observación rigurosa, la formulación de hipótesis y la explicación científica, tres procesos esenciales en la práctica de las ciencias. Cada uno de estos momentos representa una oportunidad para que los estudiantes interactúen con el fenómeno desde una perspectiva crítica y reflexiva, construyendo significados a partir de la experiencia. A continuación, se observa cómo estas habilidades se manifiestan y se fortalecen en el contexto de los ExD dentro de la enseñanza de la electrostática por frotamiento.

3.3.1. Observación:

La observación en el contexto científico es el proceso de examinar fenómenos de manera detallada y cuidadosa para recoger datos relevantes y establecer patrones o regularidades. Es una habilidad fundamental, ya que permite a los estudiantes recopilar evidencia empírica de primera mano. La observación rigurosa y crítica es crucial en los experimentos discrepantes, pues estos dependen de que el estudiante

perciba la naturaleza inusual o sorprendente del fenómeno presentado y lo utilice como base para reflexionar y cuestionar sus propias ideas (Amado & Correa, 2020)

3.3.2. Formulación de hipótesis:

La formulación de hipótesis implica proponer una explicación o una predicción con base en observaciones previas y conocimientos existentes. Esta habilidad permite a los estudiantes anticipar posibles resultados y establecer relaciones causales en los fenómenos que observan. En el contexto de los experimentos discrepantes, la hipótesis inicial de un estudiante a menudo refleja sus intuiciones o ideas preconcebidas, las cuales pueden ser desafiadas y, si es necesario, revisadas a medida que avanza el experimento. La formulación de hipótesis en los ExD fomenta el pensamiento crítico y permite a los estudiantes explorar conceptos científicos de forma estructurada y metodológica (Barbosa, 2008)

3.3.3. Explicación científica:

La explicación científica es el proceso de interpretar y comunicar los resultados de una observación o experimento, generalmente fundamentado en teorías o principios científicos establecidos. A través de esta habilidad, los estudiantes transforman sus observaciones y las hipótesis en un entendimiento coherente y justificado del fenómeno. Los experimentos discrepantes ofrecen un entorno propicio para que los estudiantes practiquen la formulación de explicaciones científicas, ya que deben interpretar resultados inesperados y reconciliarlos con sus conocimientos previos. De esta forma, desarrollan una capacidad interpretativa que les permite integrar nuevas evidencias y explicaciones en un marco conceptual sólido (Cortés Pulgarín, 2015)

En síntesis, el uso pedagógico de los ExD en la enseñanza de la electrostática permite trascender la mera transmisión de contenidos, generando situaciones que activan procesos mentales complejos y formativos. La disonancia cognitiva moviliza la necesidad de reinterpretar lo aprendido, la intuición física se convierte en una

guía flexible para anticipar fenómenos y ajustar representaciones, y el desarrollo de habilidades científicas como la observación, la formulación de hipótesis y la explicación, fortalece la capacidad de los estudiantes para pensar y actuar de forma más cercana a la ciencia escolar. Así, los ExD se consolidan como herramientas didácticas integrales que, al desafiar lo conocido, abren espacio para la construcción activa y significativa del aprendizaje de la física.

3.4 Fundamentos de la didáctica de la física

La enseñanza es un proceso complejo que no se reduce a la simple transmisión de información, sino que involucra múltiples dimensiones del conocimiento, la interacción y la mediación didáctica. Para los docentes, la enseñanza representa un reto constante que exige no solo dominar el contenido de su disciplina, sino también transformarlo en conocimiento accesible para los estudiantes (Chevallard, 1991). Como resultado, el conocimiento que circula en la escuela no siempre es idéntico al conocimiento científico, sino que es una versión adaptada con fines educativos.

En este marco, a diferencia de una simple transmisión de información, la didáctica de las ciencias reconoce que el conocimiento científico escolar es una construcción de conocimiento cultural situada, mediada por el lenguaje, la experiencia y las prácticas sociales (Adúriz-Bravo, 2012). Por ello, la didáctica de las ciencias no se limita a enseñar contenidos, sino que también busca desarrollar habilidades científicas como la formulación de hipótesis, la observación rigurosa, la argumentación, la explicación causal y el pensamiento crítico.

En este sentido, la didáctica de la física se centra especialmente en las dificultades inherentes al aprendizaje de conceptos abstractos como fuerza, energía o electrostática. Investigaciones en este campo han mostrado que los estudiantes suelen construir descripciones intuitivas basadas en su experiencia cotidiana, que muchas veces entran en conflicto con los modelos científicos formales (Clement, 1982; Duit & Treagust, 2003). Estos modelos alternativos, lejos de ser errores para corregir, son considerados como parte fundamental del proceso de aprendizaje y

deben ser atendidos mediante estrategias que generen conflicto cognitivo, reflexión y reconstrucción conceptual.

4. Capítulo 4: Propuesta sobre los ExD para la enseñanza de la electrostática por frotamiento.

El diseño de propuestas didácticas en ciencias naturales debe responder no solo a la transmisión de conceptos, sino a la creación de experiencias significativas que vinculen el conocimiento científico con el contexto, las experiencias previas y las preguntas de los estudiantes. Desde esta perspectiva, la enseñanza de la física se concibe como una oportunidad para desarrollar el pensamiento científico, la curiosidad, el análisis crítico y la argumentación, en escenarios donde el error y el conflicto cognitivo se convierten en oportunidades de aprendizaje (Driver et al., 1996).

Siguiendo este enfoque, se diseñó una secuencia didáctica (ver Anexo 1) orientada a abordar el fenómeno de la electrificación por frotamiento, uno de los conceptos fundamentales de la electrostática. El objetivo principal fue generar un espacio de indagación en el cual los estudiantes pudieran poner en juego sus ideas iniciales, confrontarlas con la actividad experimental y reconstruir sus explicaciones a la luz de los resultados obtenidos. Se llevaron a cabo aproximadamente seis sesiones, cada una con una duración de una hora y media. Dos de ellas se dedicaron a la formulación de hipótesis, tres a la realización de los experimentos discrepantes (ExD) y dos al análisis y presentación de los resultados obtenidos. La implementación se realizó principalmente en los salones de clase, mientras que los ExD se desarrollaron en el laboratorio de física del IPN. De esta manera, en este capítulo se presenta la descripción de los ExD desarrollados con los estudiantes y la secuencia didáctica:

4.1 Descripción de la secuencia didáctica

La secuencia didáctica diseñada parte del reconocimiento de los saberes previos e hipótesis intuitivas de los estudiantes. Para ello, se les propuso construir una "caja electrostática", en la cual debían reunir diez objetos de uso cotidiano (escolares o domésticos) susceptibles de ser frotados con una franela. Esta actividad buscó involucrar a los estudiantes desde su realidad inmediata y promover una primera aproximación al fenómeno desde la exploración libre y la formulación de preguntas.

Posteriormente, se les solicitó completar una tabla de predicciones (Anexo 1), en la que debían registrar el nombre de cada material, su predicción respecto al comportamiento electrostático (si atraería, repelería o no haría nada al acercarlo al papel), la justificación de su predicción y la clasificación del material como conductor o aislante. Esta etapa inicial permitió identificar las hipótesis con las que los estudiantes se aproximan al fenómeno y brindar insumos para la reflexión pedagógica.

En la fase experimental, los estudiantes frotaron los materiales con la franela y observaron lo que ocurría al acercarlos a pequeños trozos de papel. Los resultados fueron registrados en una segunda tabla (Anexo 1), incluyendo el efecto observado, una explicación del fenómeno y una nueva clasificación del material. Esta actividad les permitió contrastar sus predicciones con los resultados empíricos y generar explicaciones a partir de la observación directa.

Posteriormente, mediante preguntas orientadoras, los grupos discutieron sus resultados, identificaron coincidencias y diferencias con sus hipótesis iniciales y analizaron posibles causas de las discrepancias. Esta discusión culminó con la elaboración de una presentación grupal, en la cual socializaron sus hallazgos, reflexiones y conclusiones.

A continuación, se muestra a los estudiantes haciendo los ExD de electrostática por frotamiento:

Imagen 1

Estudiantes experimentando con los ExD de electrostática por frotamiento



Nota. Imágenes tomadas de los estudiantes haciendo los ExD, bajo consentimiento informado (Anexo 3).

4.2 El experimento discrepante como estrategia de enseñanza de la electrostática

Esta propuesta se fundamenta en la lógica del ExD, una estrategia que busca generar conflicto cognitivo al presentar resultados que contradicen las ideas previas del estudiante, promoviendo así la reconstrucción conceptual. Según Posner et al. (1982), el cambio conceptual ocurre cuando el estudiante reconoce una discrepancia entre sus creencias y los nuevos datos, lo cual lo obliga a reorganizar sus explicaciones.

El experimento de electrificación por frotamiento cumple con las condiciones de un experimento discrepante, ya que permite contrastar hipótesis iniciales con observaciones que frecuentemente contradicen las ideas previas. Por ejemplo, muchos estudiantes predicen que los metales atraerán el papel por estar relacionados con la electricidad, sin embargo, al observar que no generan atracción

en condiciones de electrificación estática, deben revisar sus concepciones sobre conductividad y carga.

Además, esta estrategia potencia el uso de habilidades científicas como la observación sistemática, la toma de datos, la formulación de hipótesis, el análisis de resultados y la argumentación basada en evidencia. Tal como señala Cepeda (2009), los experimentos discrepantes son valiosos en la enseñanza de las ciencias porque provocan la duda, estimulan la curiosidad y favorecen la construcción activa del conocimiento.

En este sentido, la secuencia didáctica propuesta no solo permite abordar los conceptos fundamentales de la electrostática, sino también vivenciar la ciencia como un proceso dinámico, donde el error, el asombro y el análisis crítico son elementos centrales del aprendizaje significativo.

5. Capítulo 5: Análisis y sistematización de la práctica

5.1 Caracterización de la población

La población de esta investigación está conformada por los estudiantes de los cursos 902 y 904 del Instituto Pedagógico Nacional, donde la muestra total son 27 estudiantes matriculados en el año escolar 2025. Estos estudiantes, cuyas edades oscilan entre los 14 y 16 años, provienen de diversos contextos socioeconómicos y culturales, lo que permite una diversidad en las perspectivas y experiencias previas relacionadas con el aprendizaje de la física. A la fecha, hay 9 estudiantes nuevos que se encuentran en proceso de adaptación en el primer semestre del año 2025 y contamos con un estudiante con ajustes razonables y un estudiante con PIAR (Plan Individual de Ajustes Razonables). Se incluyen tanto hombres como mujeres, sin distinción de género.

Esta población se caracteriza por tener un nivel básico de conocimientos en física, llevan 3 años viendo conceptos generales sobre la materia, con una baja intensidad

horaria; los horarios de la asignatura de física son los miércoles de 11:00 a.m. a 12:30 p.m. para 904 y los viernes de 9:00 a.m. a 10:30 a.m. para 902.

Es la primera vez que estudian el tema de electrostática, por lo cual, los conocimientos previos están basados por la experiencia que tienen con los fenómenos electrostáticos, lo que han leído y visto en documentales.

Los estudiantes del curso 902 se caracterizan por ser participativos, líderes y con habilidades como la argumentación, sin embargo, se dispersan fácilmente si las clases son magistrales y/o tradicionales, por lo que se les facilitan las clases donde hay práctica. Por otro lado, en el curso 904 los estudiantes son organizados, participativos e interesados por la física, suelen hacer preguntas e indagar sobre la materia, pero también suelen distraerse si las instrucciones no son claras.

5.2 Analizando las hipótesis de los estudiantes

Siguiendo la lógica de un experimento discrepante, era fundamental que, antes de realizar el experimento, los estudiantes formularan una hipótesis sobre lo que esperaban que ocurriera al acercar un objeto frotado a pedacitos de papel. En este sentido, se les pidió completar la tabla del Anexo 1, consignando el material seleccionado, su predicción (atrae, repele o no sucede nada), una justificación de su elección y una clasificación del objeto como conductor o aislante. Inicialmente los estudiantes formularon sus hipótesis de manera individual y posteriormente las compartieron con sus compañeros de grupo.

En la siguiente tabla se mencionan algunas categorías de la formulación de hipótesis de los estudiantes (Empírico-contextuales, saberes no escolares, escolares o formales e intuitivo-desconectadas):

Tabla 3

Categorías de la formulación de hipótesis de los estudiantes

Categoría	Descripción	Hipótesis de los estudiantes
Hipótesis basadas en experiencias cotidianas (empírico-contextuales)	El estudiante se apoya en vivencias propias o situaciones comunes (en casa, juegos, la escuela) para anticipar el resultado del experimento.	<i>“El globo va a atraer el papel porque cuando se genera fricción atrae el cabello.”</i>
Hipótesis fundamentadas en saberes sociales o populares (saberes no escolares)	El estudiante formula su hipótesis a partir de explicaciones culturales, familiares o creencias sociales que circulan en su entorno.	<i>“Creo que la botella no va a atraer ya que el plástico es débil.”</i>
Hipótesis basadas en conocimientos científicos previos (escolares o formales)	Se utilizan conceptos aprendidos en clase o en otras experiencias educativas (aunque no siempre de forma precisa o correcta).	<i>“El globo puede permitir que el papel se cargue más y se atraigan por sus diferentes cargas (+, -).”</i>
Hipótesis sin argumentación o con razonamientos arbitrarios (intuitivo-desconectadas)	No se logra establecer un razonamiento claro o la predicción se hace sin relación con una justificación identificable.	<i>“Yo creo que este sí atrae, porque sí.” O “Este repele porque es negro.”</i>

Nota. Datos recogidos de la guía de laboratorio y audios (Anexo 4)

En las hipótesis empíricas contextuales, generalmente los estudiantes se apoyaban en una experiencia vivida directa (en la casa, juego, vida cotidiana), usaban referencias de “una vez me pasó”, “yo vi que”, entre otros. Por ejemplo, una estudiante usó la expresión: *“una vez mi cabello se quedó pegado al espaldar de la silla por la electrostática”*. Estas hipótesis no necesariamente están erróneas, pues usan su lenguaje a través de la experiencia.

Cuando los estudiantes hacen hipótesis con base a saberes populares o sociales, usan justificaciones o creencias circulares en su entorno social, familiar o cultural, sin referencia a conceptos científicos o escolares, por ejemplo, un estudiante usó la expresión: *“el metal es conductor y por lo tanto debería atraer porque mi papá dice que conduce electricidad”*.

Al utilizar palabras científicas en el lenguaje, que generalmente son aprendidos en clase o algo que leyeron, o visualizaron y escucharon en documentales, estas hipótesis son con fundamentos científicos y escolares. Un ejemplo de ello es: *“el aluminio atrae porque es conductor y se carga negativamente”*.

Por otro lado, también tenemos hipótesis intuitivas o arbitrarias, estas predicciones no presentan justificaciones coherentes o están basadas en variables irrelevantes (color, textura, simpatía). Puede haber ambigüedad o ausencia total de argumento. Por ejemplo: *“el tubo de PVC atrae porque su tipo de material es plástico”*.

Cuando los estudiantes socializaron sus hipótesis con sus compañeros en las discusiones, algunos tendían a cambiar sus respuestas, las negociaban, las contradecían o incluso las reforzaban.

Para responder el primer objetivo del presente trabajo, se identificó por medio de una rúbrica (Ver Anexo 2) en qué nivel se encuentra el estudiante en la formulación de hipótesis, de los 27 estudiantes que realizaron la tabla 1 de las predicciones, se obtuvieron los siguientes resultados:

Nivel 1: 11 estudiantes. Estos estudiantes redactaron predicciones sin relación lógica con el fenómeno y su justificación es en ocasiones ausentes o irrelevantes.

Por ejemplo: *“El tubo de PVC atrae porque su tipo de material es plástico”*. Estos estudiantes aún no comprenden qué propiedades físicas son relevantes para que ocurra la atracción electrostática. Podrían estar describiendo sin distinguir entre una categoría nominal (tipo de material) y una propiedad funcional (capacidad de cargarse).

Nivel 2: 10 estudiantes. Las predicciones suelen conectarlas con una experiencia, pero poco fundamentada y su justificación es débil. Por ejemplo: *“La lana atrae porque está hecha de fibras naturales que tienen cargas eléctricas para atraer”*. Este grupo ya se distancia del pensamiento puramente arbitrario del nivel 1, mostrando un primer intento de explicar desde lo vivido o lo que “han oído”. Sin embargo, persisten concepciones alternativas o pseudocientíficas.

Nivel 3: 5 estudiantes. Sus predicciones son coherentes con base en experiencias escolares, usan vocabulario adecuado. Por ejemplo: *“El globo atrae porque puede permitir que el papel se cargue más y se atraiga por sus diferencias de cargas (+, -)”*. Se evidencia una apropiación progresiva del discurso científico escolar, aunque no siempre con precisión. Hay intención de explicar el fenómeno en términos funcionales.

Nivel 4: 1 estudiante. Generalmente estas predicciones son precisas, con justificaciones científicas claras y explican el mecanismo. Por ejemplo: *“La madera no atrae ni repele el papel porque este material al frotarlo es difícil que se cargue, así mismo no genera ni retiene carga al frotarlo con otros elementos, puede que con otras texturas de madera suceda algo, pero en sí misma la madera no carga, ni ocurriría ningún efecto”*. Esta respuesta refleja un buen nivel de internalización conceptual, pensamiento analítico, y posiblemente exposición previa a explicaciones más profundas. Es una muestra del potencial al que pueden llegar más estudiantes si se crea el contexto adecuado.

Casi el 85% de los estudiantes se encuentran en niveles donde aún no se articula completamente la predicción con una explicación científicamente válida. Esto no

debe verse como un déficit, sino como una oportunidad pedagógica para activar procesos de construcción de significado desde sus contextos, creencias y experiencias. Y cumple con los objetivos propuestos del presente trabajo. Por otro lado, refleja las características de un ExD, la mayoría de estas predicciones son contrarias al fenómeno que los estudiantes observaron.

5.3 Analizando las observaciones de los estudiantes

Observar en ciencias no es simplemente “mirar” lo que ocurre en un experimento, sino un proceso activo de atención, descripción, selección e interpretación de fenómenos con base en una pregunta o propósito específico. La observación científica requiere distinguir lo relevante de lo accesorio, registrar con precisión lo que sucede y, muchas veces, hacerlo desde un lenguaje que permita comunicar y analizar los resultados de manera compartida (Cepeda, 2009).

En el aula, la observación de un experimento se convierte en un momento clave para activar habilidades científicas como el registro riguroso, la comparación de evidencias, la identificación de patrones y el establecimiento de relaciones causales. Sin embargo, la forma en que los estudiantes observan está mediada por sus saberes previos, el lenguaje que manejan y sus propias experiencias. Por ello, en este análisis se reconoce que los estudiantes pueden observar desde el lenguaje común o desde el lenguaje escolar, con distintos niveles de precisión y profundidad.

Una vez formuladas las hipótesis, los estudiantes llevaron a cabo los experimentos con el propósito de observar los resultados obtenidos y compararlos con sus predicciones iniciales, confrontando así sus ideas con la experiencia directa.

A continuación, se presenta una tabla con las categorías utilizadas para analizar las observaciones registradas por los estudiantes durante la experimentación con materiales electrostáticos. Estas categorías emergen del análisis inductivo de los registros, y permiten comprender cómo los estudiantes traducen lo que ven en palabras, y qué tipo de pensamiento ponen en juego al hacerlo.

Tabla 4

Categorías de las observaciones de los estudiantes

Categoría	Descripción	Observación del estudiante
Observación con lenguaje común o cotidiano	Se describe lo que ocurre usando palabras simples o del habla diaria, sin vocabulario científico.	<i>“Los papeles se vieron atraídos hacia el plástico”</i>
Observación con lenguaje escolar / técnico	Se utiliza vocabulario aprendido en clase, aunque no siempre con precisión total.	<i>“El tubo de PVC atrajo algunos papeles y otros se repelían debido a que no todos tenían la misma carga.”</i>
Observación descriptiva vaga o ambigua	Se nota falta de claridad, poca precisión o generalización. Puede ser confusa o incompleta.	<i>“Con el plástico no paso nada porque el plástico es distinto”</i> o <i>“No pasó nada.”</i>
Observación detallada con intención explicativa	Incluye detalles relevantes, describe condiciones del experimento y sugiere una explicación o relación causal.	<i>“Con vidrio no pasó nada porque no tenían la misma cantidad de cargas positivas y negativas, y posiblemente no se cargó el vidrio.”</i>
Observación contrastiva o comparativa	Compara resultados entre materiales o experimentos, estableciendo diferencias o patrones.	<i>“El tubo de PVC atrajo más fuerte que la regla plástica.”</i> O <i>“Necesitabas más tiempo de frotamiento”</i>

Nota. Datos recogidos de la guía de laboratorio y audios (Anexo 4)

A continuación, se analizan algunos ejemplos representativos, clasificados según el tipo de observación realizada.

a) Observación con lenguaje común o cotidiano

“Los papeles se vieron atraídos hacia el plástico.”

Esta observación describe lo ocurrido con un lenguaje sencillo y directo, sin recurrir a términos científicos o escolares. Aunque no hay explicación, se registra correctamente el fenómeno observable. Este tipo de observación refleja una comprensión empírica básica, centrada en lo visible, que puede ser un buen punto de partida para introducir conceptos como carga eléctrica o materiales aislantes.

b) Observación con lenguaje escolar / técnico

“Con el vidrio no pasó nada porque no tenían la misma cantidad de cargas positivas y negativas, y posiblemente no se cargó el vidrio.”

En este caso, el estudiante utiliza vocabulario escolar como “cargas positivas y negativas” y plantea una posible explicación relacionada con la simetría de cargas. Aunque no del todo precisa desde el punto de vista físico, esta observación demuestra un intento de interpretar el fenómeno con base en conocimientos científicos aprendidos, lo cual es fundamental en el tránsito hacia un pensamiento más formal.

c) Observación vaga o ambigua

“Con el plástico no pasó nada porque el plástico es distinto”
“No pasó nada.”

Ambas observaciones muestran una escasa precisión y una argumentación poco clara. La primera incluye una justificación circular o ambigua (“porque es distinto”), mientras que la segunda omite cualquier explicación. Este tipo de registros puede estar vinculado a dificultades en la verbalización, falta de atención o

desconocimiento conceptual, y evidencia la necesidad de estrategias que guíen a los estudiantes en cómo observar y registrar.

d) Observación detallada con intención explicativa

“El tubo de PVC atrajo algunos papeles y otros se repelían debido a que no todos tenían la misma carga.”

Esta observación es particularmente interesante porque el estudiante no solo describe el comportamiento de los objetos, sino que introduce una explicación basada en la noción de carga eléctrica. Aunque el fenómeno de repulsión entre papeles es poco frecuente y puede haber sido una interpretación errónea, se valora el esfuerzo explicativo y la intención de vincular lo observado con un mecanismo causal.

“Necesitaba más tiempo de frotamiento.”

Aquí se introduce una variable experimental (tiempo de frotamiento) para explicar diferencias en los resultados. Esta observación revela un pensamiento experimental más elaborado, donde se tiene en cuenta la influencia de las condiciones de la actividad, lo cual es clave en la formación de habilidades científicas.

e) Observación contrastiva o comparativa

“El tubo de PVC atrajo más fuerte que la regla plástica.”

Este registro muestra que el estudiante compara efectos entre materiales, identificando diferencias en la intensidad del fenómeno observado. Este tipo de observaciones son valiosas porque evidencian una mirada más analítica, atenta a establecer relaciones y patrones. Es un indicador del desarrollo de un pensamiento científico más complejo, orientado a la búsqueda de regularidades y explicaciones.

De acuerdo con la rúbrica propuesta para la observación de los experimentos, se obtuvieron los siguientes resultados: 12 estudiantes se ubicaron en el nivel 1, 6

estudiantes se ubicaron en el nivel 2, 7 estudiantes se ubicaron en el nivel 3 y 2 estudiantes se ubicaron en el nivel 4.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de observación realizados por los estudiantes de manera escrita y oral:

Tabla 5

Análisis de las observaciones por nivel de los estudiantes

Nivel	Ejemplo de observación	Características
Inicial (1)	<i>“No sé qué pasó.” o “Creo que algo se movió.”</i>	Inseguridad, escasa o nula atención a lo que ocurrió.
En desarrollo (2)	<i>“Se movió un poco.”</i>	Observación parcial, sin detalles, pero hay intento de describir.
Consolidado (3)	<i>“El papel se levantó y se pegó al tubo cuando lo frotamos.”</i>	Descripción clara y con términos pertinentes. Observación dirigida al efecto.
Avanzado (4)	<i>“El papel fue atraído por el tubo en cuanto lo acercamos. Solo ocurrió cuando el tubo fue bien frotado.”</i>	Observación precisa, con detalles de condiciones experimentales.

Nota. Datos recogidos de la guía de laboratorio y audios (Anexo 4)

Además, se pueden hacer las siguientes inferencias de los resultados:

Nivel 1 – Observación limitada, poco precisa o ausente (12 estudiantes) (≈ 44% del total)

La mayoría de los estudiantes se ubicó en este nivel. Sus registros muestran descripciones con escasa atención a los detalles o lenguaje poco claro, como expresiones del tipo *“no pasó nada”* o *“se movió un poco”*. En algunos casos, las

observaciones fueron ausentes o sin vínculo con lo ocurrido. Por tanto, más que asumir estas expresiones como errores o vacíos, es importante reconocerlas como puntos de partida válidos para indagar sus ideas previas, construidas desde sus propias experiencias, lenguajes y contextos culturales.

Este grupo aún no ha desarrollado plenamente habilidades de observación sistemática. Si bien la experiencia experimental resultó motivadora, no fue suficiente por sí sola para activar procesos de registro consciente y detallado en todos los casos. No obstante, la actividad sí provocó en los estudiantes inquietudes valiosas, expresadas en preguntas como: “¿Será que hay que frotarlo más tiempo?” o “¿Influyen otras variables?”. Aunque sus observaciones escritas tienden a ser breves o poco elaboradas, los registros orales (recogidos a través de los audios de la sesión) muestran que muchos de ellos realizaron observaciones pertinentes y formularon preguntas interesantes de forma espontánea. Esto evidencia que, aunque no siempre logren plasmar sus ideas por escrito, los estudiantes están pensando activamente el fenómeno y construyendo sentido a partir de lo observado.

Nivel 2 – Observación con lenguaje cotidiano, parcialmente estructurada (6 estudiantes) (≈ 22%)

Los estudiantes en este nivel describen lo observado con lenguaje común y cierta coherencia, aunque sin precisión técnica ni atención sistemática. Usan expresiones como “el papel se pegó” o “el tubo atrajo un poco más”, con una clara intención de registrar lo sucedido.

Este nivel representa un tránsito entre la observación espontánea y la estructurada. Los estudiantes empiezan a distinguir patrones, aunque aún no logran registrar condiciones experimentales o analizar causas.

Nivel 3 – Observación con lenguaje escolar, registro claro (7 estudiantes) (≈ 26%)

Los estudiantes en este nivel logran describir el fenómeno con mayor claridad, utilizando términos científicos aprendidos en clase (como “carga”, “atraer”, “material conductor”), aunque todavía con algunas imprecisiones o generalizaciones.

Este grupo ya comienza a usar la observación como herramienta de interpretación, mostrando que existe una apropiación parcial del lenguaje y del enfoque experimental.

Nivel 4 – Observación detallada, con intención explicativa (2 estudiantes) (≈ 7%)

Este pequeño grupo logró registrar observaciones precisas, incluyendo condiciones experimentales, comparaciones y explicaciones causales. Por ejemplo: *“El papel fue atraído más rápido cuando el tubo se frotó por más tiempo”* o *“El vidrio no atrajo porque no se cargó al frotarse”*.

Estos estudiantes evidencian una comprensión más profunda del fenómeno, integrando la observación con la interpretación. Su registro no es solo una descripción, sino una propuesta de análisis.

5.4 Analizando las explicaciones de los estudiantes

La explicación constituye uno de los componentes fundamentales del pensamiento científico. En el contexto educativo, explicar implica no solo describir lo que sucede, sino establecer relaciones causales, identificar variables relevantes y recurrir a modelos o teorías para justificar un fenómeno. Según Osborne y Patterson (2011), la explicación científica escolar permite a los estudiantes articular sus observaciones con marcos conceptuales que otorgan sentido a los hechos, facilitando así procesos de comprensión y reconstrucción del conocimiento.

En la enseñanza de las ciencias, promover la capacidad explicativa implica generar espacios donde los estudiantes puedan contrastar sus ideas iniciales con nuevas evidencias, reorganizar sus argumentos y fundamentar sus afirmaciones. De ahí que la explicación sea una habilidad que se desarrolla progresivamente, desde formas más intuitivas hasta niveles más elaborados que incorporan conceptos científicos y relaciones causales explícitas (Justi & Gilbert, 2002).

La propuesta didáctica desarrollada en torno a la electrificación por frotamiento tuvo como uno de sus ejes centrales el fortalecimiento de la capacidad explicativa de los estudiantes. Para ello, se diseñaron momentos específicos donde debían justificar sus predicciones, explicar sus observaciones y analizar los resultados obtenidos. Además, se propició la comunicación oral a través de presentaciones grupales, en las cuales cada equipo debía sustentar ante sus compañeros sus conclusiones a partir de las evidencias recogidas.

Estas presentaciones se apoyaron en dos recursos principales: las respuestas a las preguntas del punto 4 del Anexo 1 y las grabaciones de audio realizadas durante las exposiciones. Estos registros permitieron analizar con mayor profundidad el tipo de explicaciones que los estudiantes construyeron, cómo las comunicaron y qué nivel de coherencia existía entre lo observado, lo registrado y lo interpretado.

Del análisis cualitativo de las explicaciones orales y escritas, emergieron cuatro categorías principales que reflejan distintos niveles de apropiación del fenómeno. Estas categorías permiten caracterizar el tránsito desde explicaciones más espontáneas y descriptivas hasta aquellas que articulan el fenómeno con referentes científicos, mostrando así la evolución del pensamiento explicativo a lo largo de la secuencia didáctica. En la siguiente tabla se presentan las categorías identificadas, su descripción y ejemplos representativos extraídos de las producciones de los estudiantes:

Tabla 6*Categorías de las explicaciones de los estudiantes*

Código	Nombre de la categoría	Descripción	Ejemplo de explicación
EX1	Explicación intuitiva o descriptiva	El estudiante se limita a describir lo que vio sin establecer relaciones causales ni usar vocabulario científico.	“El papel se movió porque sí.” “Porque lo frotamos y se movió.”
EX2	Explicación basada en saberes comunes o experiencias	Usa ideas del entorno (hogar, cultura, intuición), pero con poca precisión conceptual o sin conexión clara con el fenómeno.	“El metal atrae porque es como los cables que tienen corriente.”
EX3	Explicación con elementos científicos escolares	Emplea términos científicos y busca establecer relaciones causales, aunque con errores o generalizaciones.	“El globo tiene carga negativa y el papel carga positiva, entonces se atraen.”
EX4	Explicación integrada y científicamente fundamentada	Articula de forma coherente la observación con conceptos científicos (e.g., fricción, transferencia de electrones, atracción por inducción, etc.).	“El PVC se carga por fricción y transfiere electrones. El papel neutro se polariza y se atrae por inducción.”

Nota. Datos recogidos de la guía de laboratorio y audios (Anexo 4)

Con base en las presentaciones de cada uno de los grupos, se encontró de manera más relevante lo siguiente:

Grupo 1: Las explicaciones construidas por este grupo se ubican predominantemente en la categoría EX3 (explicaciones con elementos científicos escolares), evidenciando un uso constante de conceptos como: *“aislantes”, “conductor”, “serie triboeléctrica”* y *“retención de carga”*. Aunque su lenguaje muestra un manejo adecuado del discurso científico escolar, se identifican algunas generalizaciones o ambigüedades, como en expresiones del tipo: *“la piel humana es un conductor natural”* o *“el papel se carga positivamente”*.

No obstante, en varios fragmentos del trabajo también se observa un avance hacia EX4 (explicaciones integradas y científicamente fundamentadas). Esto se refleja en afirmaciones como: *“El PVC y el plástico acumulan carga por más tiempo debido a que son aislantes”* o *“el vidrio se carga positivamente y la seda negativamente, lo que demuestra que diferentes materiales pueden generar cargas opuestas según su posición en la serie triboeléctrica”*. Estas explicaciones articulan con claridad la observación empírica y el marco teórico, lo que da cuenta de un proceso reflexivo fundamentado.

De acuerdo con la rúbrica de evaluación, este grupo se sitúa en el nivel 3 (consolidado), con momentos puntuales que alcanzan el nivel 4 (avanzado), especialmente por el uso de relaciones causales, lenguaje técnico y referencias explícitas a teorías como la ley de Coulomb o la serie triboeléctrica. La presentación escrita muestra una estructura coherente entre hipótesis, resultados y conclusiones, y evidencia un manejo adecuado del lenguaje escolar, acompañado de un genuino interés por comprender el fenómeno en profundidad. En conjunto, el grupo demuestra un nivel sólido de apropiación conceptual, con proyección hacia una explicación científica más robusta.

Grupo 2: Las explicaciones desarrolladas por este grupo se ubican mayoritariamente en la categoría EX2 (explicaciones basadas en experiencias

previas o intuiciones). Se evidencia un enfoque centrado en lo que creen que “debería ocurrir”, sustentado en observaciones personales o ideas previas no siempre fundamentadas. Un ejemplo claro de este tipo de razonamiento es la afirmación: *“Pensamos que la mayoría de los objetos iban a atraer y con algunos no iba a pasar nada, lo que después nos sorprendió”*.

Asimismo, el grupo muestra cierta sensibilidad hacia variables experimentales, como el material de frotamiento, lo cual representa un indicio valioso de atención al proceso experimental. Sin embargo, esta observación no se traduce aún en explicaciones causales bien articuladas. Por ejemplo, cuando afirman: *“Fomi que al final atrajo, pero creemos que con otro material de frotamiento hubiera pasado algo diferente”*, se nota una intención de explicar, pero persiste un uso impreciso del lenguaje y la ausencia de conceptos científicos que estructuren la argumentación. Estas ideas sugieren momentos que se aproximan a EX3, aunque no logran consolidarse plenamente en esa categoría.

Según la rúbrica de evaluación, este grupo se ubica en el nivel 2 (en desarrollo). Si bien existe una intención clara de explicar lo observado, las justificaciones permanecen en un plano general, sin profundizar en los mecanismos físicos involucrados. El lenguaje empleado es principalmente cotidiano y carece de precisión técnica, lo que limita la claridad y profundidad de las explicaciones. Aun así, se destaca la buena disposición del grupo para observar, registrar y contrastar sus hipótesis con los resultados, lo que constituye una base importante para avanzar hacia explicaciones más fundamentadas.

Grupo 3: Las explicaciones presentadas por este grupo se ubican principalmente en la categoría EX3 (explicaciones con elementos científicos escolares). Se evidencia un uso apropiado de términos como: *carga negativa*, *electrones*, *superficies que acumulan carga* y *material aislante*, lo que indica una apropiación funcional del lenguaje técnico propio de la física escolar.

Además, el grupo incorpora relaciones de causa y efecto de manera explícita, como en la afirmación: *“Se cargaron negativamente, lo que les permitió atraer objetos livianos, ya que los polos opuestos se atraen”*. Este tipo de explicación demuestra que los estudiantes no solo observan lo que ocurre, sino que buscan comprender y justificar el fenómeno desde una perspectiva científica.

De acuerdo con la rúbrica de evaluación, el grupo se sitúa en el nivel 3 (consolidado), ya que sus explicaciones son coherentes, emplean adecuadamente el vocabulario técnico y demuestran una comprensión general del fenómeno de electrificación por frotamiento.

Cabe destacar que la organización de sus ideas en secuencias claras —lo que sucedió, por qué ocurrió y qué significa— contribuye a fortalecer la coherencia interna de sus explicaciones. Aunque algunas afirmaciones requieren mayor precisión conceptual, como: *“el CD es conductor, pero no ahorra energía”*, se reconoce un trabajo reflexivo sólido que evidencia avance en el desarrollo de habilidades explicativas.

Grupo 4: Las explicaciones presentadas por este grupo se ubican principalmente en la categoría EX2 (explicaciones basadas en saberes comunes o experiencias previas). Se observa que los estudiantes recurren a suposiciones o intuiciones sin una fundamentación clara, como en afirmaciones del tipo: *“Creemos que es por los diferentes compuestos del martillo”* o *“cuando frotamos la bufanda, esta no hizo nada a pesar de su material”*. Estas explicaciones muestran un esfuerzo por dar sentido al fenómeno, aunque sin establecer relaciones causales precisas ni apoyarse en conceptos científicos consolidados.

No obstante, hay fragmentos que se acercan a EX3, especialmente cuando se introduce la idea de transferencia de carga, como en la frase: *“Esto gracias a que en este proceso los electrones de la franela se pasan al material seleccionado”*. Esta afirmación, aunque aún requiere depuración conceptual, refleja un avance hacia

una explicación más estructurada, vinculada a nociones escolares de electrización por fricción.

De acuerdo con la rúbrica de evaluación, el grupo se encuentra en el nivel 2 (en desarrollo). Existe una intención clara de explicar el fenómeno, se reconocen términos relevantes y se identifica el proceso de electrificación, pero las explicaciones carecen de profundidad y presentan algunas contradicciones. Un ejemplo de ello es la clasificación del globo como “conductor”, lo cual revela una asimilación parcial de los conceptos asociados a los materiales y su comportamiento eléctrico.

A pesar de estas imprecisiones, se evidencia una base conceptual en construcción. La mención de los electrones y la transferencia de carga indica que los estudiantes están empezando a incorporar elementos del discurso científico, lo que constituye una oportunidad pedagógica valiosa para afianzar y clarificar sus aprendizajes.

Grupo 5: Las explicaciones desarrolladas por este grupo evidencian un uso activo del vocabulario científico escolar, lo que permite ubicarlas principalmente en la categoría EX3. A lo largo de la intervención, los estudiantes emplean términos como: *“conductores, aislantes y semiconductores”, “proceso de electrización por frotamiento, contacto o inducción”, “transferencia de electrones”, “serie triboeléctrica” y “factores como temperatura y humedad”*. Este repertorio conceptual sugiere un nivel intermedio-alto de apropiación del lenguaje técnico, con una clara intención de construir explicaciones desde referentes de la ciencia escolar. Sin embargo, algunas definiciones tienden a repetirse de forma memorística o carecen de profundidad, lo cual indica que el proceso de comprensión aún está en consolidación. Según la rúbrica de evaluación, estas producciones se ubican en el nivel 3 (consolidado).

Un momento particularmente significativo se presenta cuando los estudiantes vinculan lo observado en el experimento con información consultada por su cuenta: *“Vimos que en Google decía que el vidrio y la seda se atraían mucho porque*

generaban carga opuesta. Y sí fue así. Cuando se frotran entre sí, el vidrio se carga positivamente y la seda negativamente". Esta afirmación no solo valida empíricamente una búsqueda conceptual, sino que además integra observación directa, contraste con hipótesis y razonamiento causal, lo que representa un tránsito hacia la categoría EX4 (explicaciones integradas y científicamente fundamentadas). En este caso, se alcanza el nivel 4 de la rúbrica, al combinar teoría y evidencia de manera coherente.

Por otro lado, se identifican fragmentos en los que, a pesar de algunas imprecisiones, se mantiene una clara intención explicativa. Frases como: *"el saco era como de algodón sintético, que atraía porque ese tipo de material no permite, no recibe ningún tipo de energía"* o *"el cabello se carga porque sus componentes permiten que la carga sea positiva"* reflejan una mezcla de ideas intuitivas con un uso limitado o incorrecto de términos científicos. Estas afirmaciones transitan entre las categorías EX2 y EX3, y corresponden a un nivel 2 a 3 de la rúbrica, mostrando que aún persisten dificultades en la precisión conceptual, aunque con una base argumentativa en formación.

Otro aspecto relevante es el reconocimiento de variables experimentales, como la humedad, el tiempo de frotamiento o el tipo de material plástico. La inclusión de estas condiciones experimentales en sus explicaciones permite fortalecer la relación entre lo observado y lo explicado, aportando así elementos de pensamiento experimental. Este aspecto refuerza la ubicación del grupo en los niveles EX3–EX4.

Finalmente, en las conclusiones del grupo se destaca una aplicación de los aprendizajes a contextos reales y tecnológicos, cuando afirman que *"este principio se usa en filtros electrostáticos, impresoras láser, y en tecnología para evitar descargas"*. Esta conexión entre teoría y aplicación evidencia que los estudiantes no solo comprendieron el fenómeno, sino que también logran extrapolarlo a usos cotidianos y tecnológicos, lo que corresponde claramente a la categoría EX4 y al nivel 4 de la rúbrica.

En conjunto, este grupo demuestra un proceso de construcción explicativa en constante avance, con momentos sólidos de comprensión científica, apropiación de conceptos, validación experimental y transferencia de conocimientos a nuevos contextos.

En general, los resultados del análisis muestran una diversidad de niveles en la construcción de explicaciones científicas entre los grupos evaluados. La mayoría de los estudiantes se sitúa en la categoría EX3, lo que indica un uso funcional del vocabulario técnico escolar y una comprensión básica de los conceptos relacionados con la electrificación por frotamiento. Estos grupos logran establecer relaciones causales y estructurar explicaciones coherentes, aunque en algunos casos persisten ambigüedades o imprecisiones que requieren mayor precisión conceptual. Los grupos que alcanzan el nivel 3 (consolidado) de la rúbrica evidencian avances en su capacidad explicativa, con momentos que incluso se proyectan hacia el nivel 4 (avanzado) al integrar observaciones empíricas con marcos teóricos más complejos.

Por otro lado, algunos grupos permanecen en el nivel 2 (en desarrollo) y en la categoría EX2, con explicaciones basadas en intuiciones, experiencias cotidianas o suposiciones sin una fundamentación científica clara. A pesar de esto, estos estudiantes muestran disposición para observar, registrar y cuestionar, lo que constituye una base importante para avanzar en la construcción del pensamiento científico. En conjunto, los análisis reflejan un proceso educativo donde la interacción entre la actividad experimental, el diálogo, la reflexión y la guía docente ha permitido a muchos estudiantes transitar desde explicaciones intuitivas hacia formas más estructuradas y fundamentadas de comprender los fenómenos eléctricos.

Hallazgos

Durante el desarrollo del presente trabajo de investigación, se identificaron varios aspectos relevantes que permiten repensar tanto el papel de los experimentos discrepantes (ExD) en la enseñanza de la física como la forma en que los estudiantes se aproximan al fenómeno de la electrostática.

En primer lugar, se evidenció que la definición tradicional de los ExD —centrada principalmente en su capacidad para generar sorpresa o motivación— resulta limitada si se considera su potencial pedagógico en escenarios escolares. Aunque es innegable que el asombro cumple un papel fundamental como punto de entrada al aprendizaje, reducir los ExD a “activadores” de la atención invisibiliza su verdadero valor educativo. En este sentido, este trabajo permitió comprender que los ExD pueden y deben constituirse como una estrategia para promover la investigación escolar, entendida como un proceso en el cual los estudiantes no solo se sorprenden, sino que formulan preguntas, diseñan experimentos, recogen, cambian y analizan datos, y confrontan sus hipótesis con teorías científicas consolidadas. Este enfoque otorga a los ExD un lugar central en la construcción del pensamiento científico escolar, favoreciendo la evolución de los marcos explicativos de los estudiantes.

En segundo lugar, se encontró que la electrostática por frotamiento, pese a ser un fenómeno cotidiano, presenta desafíos importantes para los estudiantes, principalmente por la invisibilidad de las cargas eléctricas. Este carácter no observable del fenómeno puede generar confusión o interpretaciones erróneas, especialmente cuando se carece de una guía que vincule lo empírico con los modelos teóricos. Sin embargo, a través de actividades experimentales bien diseñadas, que involucren materiales accesibles, espacios de discusión y confrontación de ideas, fue posible generar comprensiones más profundas y significativas en los estudiantes. El uso de objetos cotidianos, la construcción de

predicciones, y la necesidad de explicar resultados inesperados, les permitió desarrollar nuevas formas de mirar y explicar lo que antes era solo intuición.

En conjunto, los hallazgos del presente trabajo reafirman que enseñar física no es únicamente transmitir leyes y fórmulas, sino proponer experiencias donde los estudiantes puedan vivir la ciencia como una práctica activa de construcción de sentido, en la que el error, la duda y el conflicto cognitivo se conviertan en oportunidades para aprender.

Conclusiones

El desarrollo de esta investigación permitió evidenciar avances significativos en los procesos de aprendizaje de los estudiantes y en la práctica docente. En primer lugar, se observó que la mayoría de los estudiantes lograron transitar desde descripciones hacia explicaciones más elaboradas, haciendo uso progresivo de marcos conceptuales científicos. Este tránsito fue posible gracias al carácter disruptivo de los Experimentos Discrepantes (ExD) que, al generar sorpresa y contradicción con sus hipótesis iniciales, motivaron a los estudiantes a revisar sus ideas previas, formular nuevas preguntas y construir explicaciones más fundamentadas.

Además del impacto en la comprensión de los fenómenos electrostáticos, el trabajo contribuyó al fortalecimiento de habilidades de pensamiento científico, tales como la formulación de hipótesis, la observación rigurosa y la construcción de explicaciones causales. A lo largo de la experiencia, también se desarrollaron competencias asociadas al control de variables, la comunicación oral y escrita, la organización y análisis de datos, así como la capacidad de trabajar en equipo y dialogar con los hallazgos del grupo.

Este trabajo también da cuenta de la importancia del rol del maestro como sujeto que piensa, diseña e implementa estrategias pedagógicas transformadoras. A través de los ExD, el docente no solo moviliza el pensamiento científico de los estudiantes, sino que también resignifica su propia práctica, al situarla en un

contexto real, reflexivo y abierto a la incertidumbre. Así, el maestro deja de ser un transmisor de contenidos para convertirse en un dinamizador de experiencias que fomentan la curiosidad, la duda y el aprendizaje significativo.

Finalmente, se concluye que los ExD, cuando se articulan con una propuesta didáctica intencionada y reflexiva, no solo motivan, sino que se convierten en una poderosa estrategia para desarrollar pensamiento crítico y científico en los estudiantes, haciéndolos protagonistas activos de su proceso de aprendizaje.

Recomendaciones

A partir de los hallazgos y reflexiones construidas en el presente trabajo, se proponen las siguientes recomendaciones dirigidas tanto a docentes como a futuros investigadores interesados en fortalecer la enseñanza de la física escolar desde una perspectiva experimental, crítica y significativa:

1. Ampliar la comprensión y uso pedagógico de los Experimentos Discrepantes (ExD):

Se sugiere resignificar el papel de los ExD en el aula, superando la idea de que su principal valor está en la sorpresa o la motivación inicial. En este trabajo se propone una definición ampliada:

Los Experimentos Discrepantes (ExD), más allá de ser recursos que generan sorpresa al presentar fenómenos que contradicen las expectativas iniciales del estudiante, deben entenderse como estrategias pedagógicas integrales que movilizan procesos auténticos de indagación escolar. Su verdadero potencial está en activar preguntas, provocar el diseño de nuevos experimentos, proponer la modificación de variables, favorecer la toma sistemática de datos y promover el contraste entre las experiencias empíricas y los marcos teóricos científicos. Así, los ExD invitan a los estudiantes a reconstruir su conocimiento desde la experiencia, el diálogo y la reflexión crítica.

Esta definición busca posicionar a los ExD como herramientas centrales en la construcción del pensamiento científico escolar y no solo como un medio de motivación.

2. Diseñar secuencias didácticas que integren lo experimental con lo conceptual:

El uso de ExD debe estar acompañado de actividades que permitan anticipar, observar, registrar y explicar los fenómenos desde marcos científicos. Es importante que los estudiantes no solo "hagan" experimentos, sino que reflexionen sobre ellos, discutan sus resultados y reestructuren sus ideas. La guía docente en estos procesos es fundamental.

3. Fomentar el desarrollo de habilidades científicas como parte del currículo de ciencias naturales:

Habilidades como la observación rigurosa, la formulación de hipótesis, el análisis de variables, el trabajo colaborativo y la explicación científica deben ocupar un lugar central en las prácticas de aula. El uso de instrumentos como rúbricas permite hacer seguimiento a estos procesos y reconocer avances más allá del contenido conceptual.

4. Promover una práctica docente reflexiva y situada:

Este trabajo muestra cómo la implementación de una propuesta didáctica permite al docente no solo enseñar un concepto, sino también profundizar en él, cuestionarlo y resignificarlo. Es importante que los docentes se vean a sí mismos como investigadores de su propia práctica, abiertos a construir conocimiento pedagógico desde sus aulas.

5. Abrir nuevas líneas de investigación y exploración didáctica:

Se recomienda continuar este camino de exploración con nuevas propuestas experimentales. Una posibilidad particularmente interesante es la implementación de un Experimento Discrepante centrado en la construcción de un electroscopio,

como dispositivo que permita introducir y explorar fenómenos de inducción y contacto en el campo de la electrostática. Esta propuesta permitiría seguir profundizando en el concepto de carga eléctrica desde otras formas de interacción, ampliando la comprensión de los estudiantes y ofreciendo nuevas oportunidades para el desarrollo del pensamiento científico.

Referencias Bibliográficas

- Adúriz-Bravo, A. (2012). *Didáctica de las ciencias naturales: Una introducción a sus fundamentos*. Homo Sapiens Ediciones.
- Amado Cano, O. D., & Correa Ortiz, J. M. (2020). *Experimentos discrepantes: Una herramienta pedagógica para incentivar el aprendizaje de la física en estudiantes del ciclo B en la Institución Educativa San Francisco de Asís* [Tesis de Licenciatura, Universidad Pedagógica Nacional de Colombia]. Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Física.
- Barbosa, L. H. (2008). Los Experimentos Discrepantes en el aprendizaje activo de la Física. *Latin American Journal of Physics Education*, 2(3), 246-252
- Barbosa, L. H. (2009). Los experimentos discrepantes como instrumento mediador en el desarrollo de la intuición física. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, Universidad Pedagógica Nacional, pp. 169-175. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=614277077073>
- Castañeda Sepúlveda, R. (2020). *Sobre intuición en física: una conversación que nunca se dio*. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.
- Cepeda, D. (2009). *Enseñar ciencias por indagación: una propuesta didáctica*. Editorial Magisterio.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50(1), 66–71.

- Chevallard, Y. (1991). *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Editora AIQUE Grupo.
- Cortés Pulgarín, G. A. (2015). *La braquistócrona: Un experimento discrepante útil para la enseñanza del principio de conservación de la energía mecánica* [Tesis de Licenciatura, Universidad Pedagógica Nacional de Colombia]
- Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1996). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia: introducción al estudio de las concepciones científicas de los alumnos*. Morata.
- Festinger, L. (1957). *A theory of cognitive dissonance*. Stanford University Press.
- Flick, U. (2015). *Introducción a la investigación cualitativa* (5.ª ed.). Editorial Morata.
- Harper Castillo, T. A. (2017). *Uso de experimentos discrepantes y grado de motivación en estudiantes de la escuela preparatoria "Profesor Ignacio Carrillo Franco" en el curso 2015-2016* [Tesis de Maestría, Universidad de Morelos].
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Reigosa, C. (2006). Argumentación y explicaciones científicas en el aula. En R. Bellón & J. Mellado (Eds.), *Didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 119–136). Graó.
- Justi, R., & Gilbert, J. (2002). Models and modelling in chemical education. In J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust & J. H. Van Driel (Eds.), *Chemical education: Towards research-based practice* (pp. 47–68). Springer.
- Kemmis, S., & McTaggart, R. (1988). *Cómo planificar la investigación-acción*. Editorial Laertes.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. SAGE Publications.

- Maxwell, J. A. (2013). *Qualitative research design: An interactive approach* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Maxwell, J. C. (1873). *A Treatise on Electricity and Magnetism*. Oxford: Clarendon Press.
- Medina J, Tarazona M. (2011). El experimento en el aula: Compresión de fenomenologías y construcción de magnitudes. Centro de Investigaciones Universidad Pedagógica Nacional – CIUP.
- Mestre, J. P. (1994). Cognitive aspects of learning and teaching science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp. 3–37). Macmillan.
- Ministerio de Educación Nacional. (2004). *Formar en ciencias: Estándares básicos de competencias en ciencias naturales y ciencias sociales*. Asociación Colombiana de Facultades de Educación (Ascofade). Cargraphics S.A
- Osborne, J., & Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: ¿A necessary distinction? *Science Education*, 95(4), 627–638. <https://doi.org/10.1002/sce.20438>
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227.
- Pozo, J. I., & Gómez-Crespo, M. Á. (1998). El cambio conceptual en el aprendizaje de las ciencias. *Revista de Educación*, (317), 105–133.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2014). *Física para ciencias e ingeniería* (8.^a ed.). Cengage Learning.
- van Manen, M. (1990). *Researching lived experience: Human science for an action sensitive pedagogy*. State University of New York Press.

Tipler, P. A., & Mosca, G. (2005). *Física para la ciencia y la tecnología* (Vol. 2). Reverté.

Anexos

Anexo 1: Guía de Laboratorio

Nombres:

Fecha:

ELECTROSTÁTICA EN CONFLICTO: POTENCIANDO HABILIDADES DE PENSAMIENTO CIENTÍFICO A TRAVÉS DE EXPERIMENTOS DISCREPANTES

Objetivo: Observar cómo diferentes materiales se cargan eléctricamente por frotamiento y clasificar los materiales como conductores o aislantes basándose en sus interacciones con objetos ligeros.

Introducción: En estas actividades vamos a explorar un fenómeno misterioso: la electricidad estática. ¿Alguna vez te ha pasado que, al frotar un globo en tu cabello, este se levanta? O, ¿has sentido un pequeño "chispazo" al tocar una manija metálica después de caminar sobre una alfombra? Estos son ejemplos de electricidad estática en acción.

Vamos a investigar cómo ciertos materiales reaccionan cuando los frotamos. Usaremos diferentes objetos y los acercaremos a pequeños trozos de papel para ver qué sucede. Algunos materiales podrían hacer que el papel se mueva, ¡y otros no!

Su tarea será observar cuidadosamente y registrar sus hallazgos. Antes de cada experimento, ¡hagan una predicción! ¿Creen que este material hará que el papel se mueva? ¿Por qué sí o por qué no?

Al final, analizaremos nuestros resultados y trataremos de descubrir qué tienen en común los materiales que hacen que el papel se mueva, y qué diferencia a los que no lo hacen.

Actividad:

En grupos de máximo 4 estudiantes, realizar la siguiente secuencia de actividades:

1. Preparación

Para esta actividad, construiremos una “caja electrostática” que nos ayudará a clasificar materiales como conductores o aislantes. Sigue estos pasos:

- Piensa en 10 objetos que tengas en casa o en el colegio que puedas frotar con una franela. Haz una lista de ellos, pueden ser materiales que sean vidrio, plástico, madera, metal, globos, entre otros.
- Busca una caja (puede ser de zapatos, cartón, etc.) para guardar estos materiales.
- Reúne los materiales de tu lista y colócalos dentro de la caja.

¡Ahora tienes tu “caja electrostática” lista para la experimentación!

Coloca tu lista a continuación:

-
-
-
-
-
-
-
-

2. Predicción

Para prepararnos para nuestros experimentos, vamos a organizar nuestras ideas. Completa de manera individual la siguiente tabla antes de empezar a frotar:

- **Material:** Anota el nombre de cada material que eligieron.

- **Predicción:** ¿Qué crees que pasará cuando frotes este material y lo acerques al papel? (¿Lo atraerá, lo repelerá, o no pasará nada?)
- **Justificación:** Explica por qué crees que pasará eso. ¿En qué te basas para hacer tu predicción?
- **Clasificación:** ¿Crees que este material es conductor o aislante?

¡Al final, compararemos nuestras predicciones con los resultados reales!

Material	Predicción (Atrae, repele o nada)	Justificación	Clasificación (Conductor/aislante)

Ahora comparte con tus compañeros de grupo tus predicciones, ¿Coinciden o las ideas son diferentes?

3. Experimentación:

- Frota: Toma el primer material y frótalo vigorosamente con la franela durante 15-20 segundos.
- Acerca: Inmediatamente, acerca el material frotado a los trozos de papel.
- Observa: ¿Qué sucede? ¿El papel es atraído, repelido o no pasa nada?
- Registra: Anota tus observaciones en la tabla: ¿Atrae el papel? (Sí/No)
- Observaciones adicionales (cualquier cosa que notes).
- Clasificación final (conductor/aislante)
- Repite: Repite los pasos 1-4 con cada material de tu "caja electrostática".

Material	Observación (Atrae, repele o nada)	Explicación	Clasificación (Conductor/aislante)

4. Análisis y discusión

Compara tus resultados:

- Revisa tu tabla de registro. ¿Tus predicciones fueron correctas? ¿En qué materiales acertaste y en cuáles te equivocaste?
- ¿Hubo alguna diferencia entre lo que esperabas y lo que realmente sucedió?

Analiza los resultados:

- ¿Qué materiales atrajeron los trozos de papel con mayor fuerza? ¿Qué materiales los repelieron?
- ¿Qué características tienen en común los materiales que atrajeron el papel? (Por ejemplo, ¿son blandos, duros, ligeros, pesados?)
- ¿Qué características tienen en común los materiales que no atrajeron el papel?
- ¿Cómo influyó el frotamiento en los materiales? ¿Qué crees que sucedió a nivel de partículas cuando frotaste los objetos?

Clasificación y explicación:

- Basándote en tus observaciones, ¿cómo clasificarías cada material como conductor o aislante?
- ¿Qué evidencias tienes para respaldar tu clasificación?
- ¿Qué significa que un material sea "conductor" o "aislante" en términos de electricidad estática?
- ¿Cómo crees que la estructura de los materiales influye en su capacidad para conducir o aislar la electricidad?

Discusión en grupo:

- Comparte tus resultados y conclusiones con tus compañeros.
- ¿Hubo diferencias en los resultados entre los grupos? ¿A qué crees que se debieron?
- ¿Qué aprendiste sobre la electricidad estática y los materiales conductores y aislantes?

- ¿Cómo crees que se aplica la electricidad estática en la vida cotidiana?
¿Puedes dar ejemplos?
- ¿Qué otras preguntas te surgen a partir de este experimento? ¿Cómo podrías investigarlas?

Anexo 2: Rúbrica de Evaluación

Criterio	Nivel 1: Inicial	Nivel 2: En desarrollo	Nivel 3: Consolidado	Nivel 4: Avanzado
Formulación de hipótesis (Predicción y justificación)	La predicción no es clara o no tiene relación con el fenómeno. No hay justificación o esta es vaga o incorrecta.	La predicción es simple pero comprensible. La justificación es parcial o basada en ideas poco fundamentadas.	La predicción es coherente con el fenómeno observado. La justificación se basa en conocimientos previos o experiencias relacionadas.	La predicción anticipa el fenómeno con precisión. La justificación incluye referencias a propiedades de los materiales o a ideas científicas (e.g., carga eléctrica, transferencia por fricción).

Observación (durante la experimentación)	Las observaciones son incompletas, vagas o ausentes. Hay confusión entre lo que ocurre y lo que se esperaba.	Las observaciones registran parcialmente lo que ocurre, pero con poca precisión o detalle.	Las observaciones son claras, incluyen detalles relevantes y permiten distinguir entre distintos materiales.	Las observaciones son rigurosas, detalladas y permiten establecer patrones o relaciones entre materiales y sus propiedades.
Explicación (análisis e interpretación)	La explicación no guarda relación con las observaciones. Hay errores conceptuales importantes.	La explicación se basa en observaciones pero con razonamientos incompletos o poco claros.	La explicación establece relación entre la evidencia observada y conceptos básicos como "conductor" o "aislante".	La explicación articula adecuadamente los resultados con conceptos científicos como carga eléctrica, transferencia de electrones y estructura de materiales. Puede hacer comparaciones entre materiales.

Anexo 3: Consentimiento Informado

Bogotá DC 29/01/2025

Instituto Pedagógico Nacional

Asunto: Consentimiento informado para la participación en el proyecto de investigación

Estimados padres de familia y/o acudientes:

Reciban un cordial saludo. Mi nombre es Cristian Camilo Moreno Arias, docente de física del Instituto Pedagógico Nacional, y actualmente me encuentro desarrollando un proyecto de grado como parte de la especialización en pedagogía. El proyecto, titulado **“Electroestática en conflicto: Potenciando habilidades de pensamiento científico a través de Experimentos Discrepantes”**, tiene como objetivo fortalecer en los estudiantes de grado noveno habilidades de pensamiento científico tales como la observación, formulación de hipótesis y explicación científica a través de actividades experimentales que desafían sus ideas previas sobre conceptos científicos.

El desarrollo de este proyecto incluirá la implementación de una estrategia didáctica basadas en experimentos discrepantes dentro del aula de clase de física en primer semestre del año escolar. Adicionalmente, se realizarán registros de evidencias mediante audios y fotografías con el propósito de analizar el proceso de aprendizaje y documentar los resultados. Es importante aclarar que dichos registros serán utilizados únicamente con fines académicos y bajo los principios de confidencialidad y protección de datos personales establecidos en la Ley 1581 de 2012 (Ley de Protección de Datos Personales) en Colombia.

Para garantizar la participación voluntaria de su hijo/a en este proyecto, es indispensable contar con su consentimiento expreso. Solicito amablemente leer el contenido de esta carta y firmar el formato adjunto si está de acuerdo con la participación de su hijo/a en el proyecto.

Agradezco de antemano su apoyo y confianza en esta iniciativa que busca enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje en el área de ciencias naturales. En caso de tener preguntas o requerir mayor información, no dude en contactarme al correo electrónico ccmorenoa@pedagogica.edu.co

Cordialmente,

Cristian Moreno.

Cristian Camilo Moreno Arias

Docente de física

Instituto Pedagógico Nacional

ccmorenoa@pedagogica.edu.co

Autorización de Participación

Yo, _____, identificado/a con cédula de ciudadanía N.º _____, en mi calidad de padre/madre/acudiente del estudiante _____, del grado noveno del Instituto Pedagógico Nacional, autorizo su participación en el proyecto de investigación **“Electrostática en conflicto: Potenciando habilidades de pensamiento científico a través de Experimentos Discrepantes”**. Además, permito el uso de audios y fotografías bajo los términos mencionados en esta carta.

Firma: _____

Fecha: _____

Anexo 4: Evidencias de algunas presentaciones de los estudiantes

⚡ DATOS Y RESULTADOS ⚡

Material	Predicciones	Resultados
Lana	Repele o nada/Conductor	Nada/Aislante
Madera	Nada/Aislante	Nada/Asislante
Roca	Nada/Aislante	Nada/Aislante
Esfero (Metal)	Nada/Conductor	Nada/Conductor
Cuchara (Metal)	Nada/Conductor	Nada/Conductor



⚡ ANÁLISIS DE LOS DATOS ⚡

¿Hubo alguna diferencia con lo que esperabas y realmente sucedió?

Los resultados de los experimentos con cada material en su mayoría confirmaron nuestras expectativas iniciales. Sin embargo, no siempre coincidimos con las propiedades específicas de atracción, repulsión, ni con la clasificación de los materiales como aislantes o conductores. A pesar de estas variaciones, fuimos capaces de **identificar con precisión** qué materiales podían atraer el papel y cuáles no, lo que nos permitió ajustar y refinar nuestras hipótesis.

¿Qué materiales atrajeron los trozos de papel con mayor fuerza?

PVC

Bolsas plásticas

Globos

¿Qué materiales repelieron los trozos de papel?

Vidrio

Aluminio

Lana

Madera

Rocas

Esfero

Cuchara

⚡ CONCLUSIONES ⚡

Finalmente, la impresión inicial del intercambio de cargas en la electrización entre los materiales fue que este era de **cargas positivas y negativas**, pero en realidad solo se intercambian **cargas negativas**, pues son las que están orbitando más lejos del núcleo del átomo, y **fácilmente se pueden desprender de este y unirse a otro.**

Hipótesis

Material	Atrae - repele	Justificación	Conductora-Aislante
Tubo de PVC	Atrae	Porque su tipo de material es plástico	Conductora
Seda	Nada	Porque es un aislante y sus componentes son diferentes	Aislante
Algodón	Nada	No contiene una carga opuesta al papel	Aislante
Aluminio	Atrae	Sus componentes se cargan electrostáticamente	Conductora
Saco	Atrae	Porque su tipo de material no permite q reciba ningún tipo de energía	Aislante
Plástico	Nada	Porque su tipo de material no permite q reciba ningún tipo de energía	Aislante
Hoja de papel	Atrae	Según nuestra hipótesis este tipo de papel atrae	Conductora
Mano humana	Atrae	Según nuestra hipótesis este material atrae	Conductora
Cabello humano	Atrae	Sus componentes permitenn que la carga de este elemento sea positiva	Conductora
Vidrio	Nada	Porque es un aislante y sus componentes son diferentes o raros	Aislante

HIPOTESIS

Nosotros pensamos que la mayoría de elementos plásticos como el tubo de PVC, la bolsa, el globo (aunque no está hecho 100% de plástico) una botella de plástico, también la lana, tela y una cuchara de tela eran conductores de la energía y iban a atraer a los demás materiales; pero al contrario, la cinta, el cartón, vidrio iban a repeler y eran aislantes



DATOS Y RESULTADOS

El vidrio, la cinta fueron en nuestro caso los materiales neutros o que no hicieron nada

La lana, la bomba, la tela, la bolsa, el tubo de PVC, la cuchara y la botella de plástico atrajeron a el papel

Y el unico material que repelo el papel fue el carton

¿Porque sucedió esto?

Todos los materiales que atrajeron al papel en su mayoría eran de plástico y este material son los que mas atrae cargas electricas



EXPERIMENT;

Durante las clases desarrollamos varios experimentos con algunos de estos materiales como: Botella de plastico, globo, tubo de pvc, bolsa de plastico, foami, etc



HIPOTESIS;

En general, pensamos que la mayoría de objetos frotados, iban a atraer, y con algunos no iba a pasar nada, lo que después nos sorprendió

Analisis de resultados



1. El tubo de PVC y el globo atrajeron los papeles porque se cargaron eléctricamente al ser frotados.

2. Las características que permitieron esta interacción fueron que ambos objetos tenían superficies capaces de acumular carga estática, como el globo inflado y el tubo de PVC



3. Eran materiales aislantes, por lo que fue necesario aplicarles energía para que se cargaran eléctricamente.

