

Análisis de la Enseñanza y el Aprendizaje del Electromagnetismo en el Nivel Tecnológico y Universitario¹

Analysis of the Teaching and Learning of Electromagnetism at Technological and University Level.

B. E. Osorio, L. S. Mejía, J. A. Osorio, G. E. Campillo, R. Covaleta

Recibido Enero 19 de 2012 - Aceptado Noviembre 30 de 2012

Resumen - Los estudios en el campo de la Didáctica de la Física que se han desarrollado en los últimos años dan cuenta de la importancia de investigar las problemáticas de enseñanza y aprendizaje de los conceptos científicos fundamentales, tanto a nivel de secundaria, como universitario. El propósito de la presente investigación es analizar las dificultades en el aprendizaje de los conceptos fundamentales del electromagnetismo en estudiantes de nivel Tecnológico y Universitario. La investigación se inscribe en un enfoque cualitativo, los datos fueron obtenidos a partir de la aplicación de un cuestionario a 94 estudiantes. En los resultados se encuentra que la mayoría de los estudiantes, independientemente del número de veces que haya cursado la asignatura, tiene problemas en la comprensión de los conceptos relacionados con las fuentes del campo magnético.

Palabras Clave - Electromagnetismo, enseñanza, aprendizaje, fuentes del campo magnético.

Abstract: Current researches on Didactics of Physics have determined the importance about problematic in the teaching and learning process of scientific fundamental concepts in both high school and university levels. Such difficulties are analyzed through this work, especially in the area of the electromagnetism learning process with technology and university students. The research has a qualitative approach and a questionnaire was applied to 94 students in order to get suitable results. According to this, most of students (no matter how many times they had taken the course) have problems to understand the concepts related to the source of the magnetic field.

Key Words - Electromagnetism, teaching, learning, sources of magnetic field

¹ Producto derivado del proyecto de investigación “Estudio sobre la conceptualización del campo electromagnético en estudiantes de la Institución Universitaria Pascual Bravo”. Presentado por el Grupo de Investigación e Innovación en Energía – GIEN, de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

I. INTRODUCCIÓN

El electromagnetismo es una de las ramas más importantes de la física en la formación de ingenieros y tecnólogos.

Su relevancia dentro del currículo de estos programas y la complejidad de temas como el concepto de campo eléctrico y magnético han implicado serias dificultades en su aprendizaje.

En la actualidad son muchos los investigadores en didáctica de la física que indagan sobre las dificultades en el aprendizaje del electromagnetismo. La mayoría de ellos concuerdan en afirmar que a pesar de la instrucción, los estudiantes no son competentes al momento de explicar situaciones relacionadas con fenómenos eléctricos y magnéticos. La investigación realizada por Furio y Guisasola (1997) evidencia que los estudiantes no asumen la idea de campo eléctrico desde el concepto de interacción. Por su parte, Guisasola, Almundí y Ceberio (2003) consideran que: “los estudiantes no identifican correctamente las fuentes del campo magnético”; “ni la interacción eléctrica y magnética”; “no tienen claro las fuentes del campo”; “confunden la fuerza con el campo” “utilizan la inducción magnética para explicar todas los fenómenos eléctricos y magnéticos”. En esta misma línea, se encuentra el artículo de Llancaqueo, Caballero y Moreira (2003) quienes concluyen que ya sea en secundaria o en la universidad, los estudiantes no logran diferenciar la fuerza eléctrica del campo eléctrico.

Según Guisasola, Almundí y Zubimendi (2003) tales dificultades son las responsables de la poca comprensión a la hora de explicar los fenómenos físicos relacionados

con la teoría electromagnética. En este sentido, el estudio de Catalán, Caballero y Moreira (2010) afirma que los estudiantes tienen dificultades en la identificación de interacciones a distancia, presentan confusiones entre cargas eléctricas y polos magnéticos o entre el flujo y el campo magnético, así como en su variación. Por su parte Velazco (1998) encuentra que la mayoría tienen una marcada tendencia a otorgar realidad material a entidades abstractas, es decir, él afirma que los estudiantes conciben la carga como un fluido, el campo como una sustancia y las líneas de campo como trayectorias espaciales.

Para abordar el problema de investigación fue necesario realizar una revisión inicial de la literatura en relación con el tema, cuyo producto fue el artículo: “La enseñanza y el aprendizaje del electromagnetismo: una breve revisión de las investigaciones en este campo” de Osorio, Campillo, Osorio, Mejía, Covalada (2012), manifestando que sigue vigente la problemática que enfrentan los profesores al enseñar los conceptos electromagnéticos. De igual manera, la revisión sirvió para identificar los diseños metodológicos de las investigaciones y conocer los cuestionarios y test utilizados en sus estudios. De esta información seleccionamos 3 preguntas en un cuestionario aplicado a 94 estudiantes de ingeniería y tecnología que cursaran la asignatura de *campos eléctricos*. El análisis de las respuestas se realizó a través de la codificación y categorización de los datos, se utilizó la estadística descriptiva para dar cuenta de los resultados.

II. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las preguntas del cuestionario fueron codificadas y categorizadas para organizar la información. Este artículo presentará las respuestas de los estudiantes que en mayor medida representan las categorías de análisis.

I. *Pregunta 1*

A continuación encontrará varias situaciones relacionadas con el electromagnetismo, responda cada una de ellas de acuerdo al grado de conocimiento que tenga:

1. La línea de trazos de la figura representa la dirección del campo magnético terrestre. En el punto A hay una brújula y en el punto B se encuentra una partícula cargada con una carga Q positiva.

- a) Dibuja sobre A una flecha que represente la orientación de la aguja de la brújula.
- b) Explica las razones de tu respuesta,

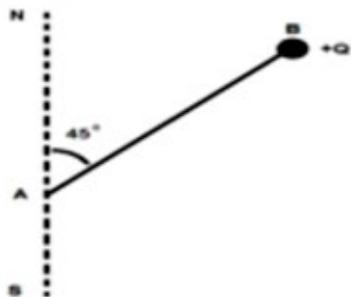


Fig. 1. Referencia Guisasaola, Almudí y Zubimendi (2003).

En la pregunta N°1 (cuya finalidad era establecer si el estudiante tenía clara la interacción de una partícula cargada en reposo con un campo magnético), se clasificaron cuatro categorías: *A1. Respuesta correcta completa*, *A2. Respuesta correcta incompleta*, *A3. Respuesta incorrecta*, *A4. No responden la pregunta*. A continuación se muestran algunas de las repuestas dadas por los estudiantes en cada categoría, el diagrama se ubica al lado izquierdo y la explicación al derecho.

A1. Respuesta correcta completa (significa que la flecha dibujada está en la dirección de la línea punteada, o sea la dirección del campo magnético terrestre), refiriéndose a campo magnético terrestre y la carga en reposo (quiere decir, no hay interacción entre la brújula y carga en reposo).

	<p>La brújula seguirá apuntando al norte ya que la partícula no tiene efectos electromagnéticos en la brújula.</p> <p>Hacia arriba porque como es carga puntual no hay una corriente por tanto no hay campo magnético producido por +Q y solo está sometido al campo de la tierra.</p> <p>Como la partícula Q, está en estado estático no genera campo magnético, entonces la aguja de la brújula no se ve afectada, se afecta con movimiento de carga.</p>
--	---

A2. Respuesta correcta incompleta (significa que la flecha dibujada está en la dirección de la línea punteada, o sea la dirección del campo magnético terrestre). Refiriéndose a campo magnético sin incluir la interacción campo magnético y carga en reposo (la justificación no se refiere a que no existe una interacción entre la brújula y la carga eléctrica en reposo).

A3. Respuesta incorrecta, interacción de la brújula con el campo magnético terrestre y la carga eléctrica en reposo y otras interpretaciones erróneas.

Algunas de las repuestas de los estudiantes fueron:

	<p>Porque al aproximarse la carga a la brújula por ser polos opuestos se repelen y la desplaza.</p>		<p>La brújula tiende hacia las cargas positivas.</p>
	<p>La brújula siempre se orienta hacia el norte que es el positivo de la tierra, carga + y + de la tierra se repelen.</p>		<p>La carga Q desplaza la aguja de la brújula en el sentido opuesto.</p>

Al analizar la respuestas de los estudiantes sobre la pregunta N°1, se aprecia que un porcentaje muy bajo ha logrado claridad conceptual acerca de la interacción entre una partícula cargada y el campo magnético (ver Tabla N° 1).

Aunque quienes respondieron de forma incompleta señalan la dirección correcta de la brújula, no es posible asegurar que hayan comprendido efectivamente la causa, es decir, la ausencia de interacción entre carga en reposo y campo magnético de la brújula.

Es muy alto el porcentaje de los estudiantes que respondieron de manera incorrecta, con sus explicaciones confunden campo eléctrico con campo magnético y por lo tanto establecen el cambio de dirección de la brújula en una interacción de naturaleza eléctrica como si fuera magnética, lo que evidencia la incomprensión de la interacción entre el campo magnético con las partículas cargadas en reposo o en movimiento.

A4. No responden la pregunta.

TABLA N° 1.
RESULTADOS DE LAS RESPUESTAS A LA PREGUNTA 1.

Categoría	Número de estudiantes	Porcentaje
A1	4	4%
A2	11	11,7%
A3	64	68,8%
A4	15	15,9%

De 94 estudiantes, sólo 4 (4%) contestaron correctamente que la brújula señala hacia el norte y que la carga en reposo no genera campo magnético. 11 estudiantes (11.7%) definieron correctamente la dirección de la brújula, pero no hicieron alusión a la carga. El 15.6% no contestaron y el 68.1% de los estudiantes confundió la interacción magnética terrestre y la interacción eléctrica de la carga en reposo. Las diferentes respuestas en los cuestionarios mostraron diferentes orientaciones de la brújula: hacia la dirección de la carga, en el medio de la carga y el campo magnético, en la dirección contraria a la carga. Cada una de estas respuestas tiene justificación: algunos asignaron un sistema de cargas eléctricas a los polos magnéticos terrestres y haciendo uso de una suma vectorial con el campo eléctrico generado por la carga en reposo, obtuvieron diferentes direcciones de orientación para la brújula. En otros casos asignaron un comportamiento de dipolo eléctrico a la brújula para que interactuara con la carga eléctrica estática y de esa manera hacerla girar.

Lo anterior concuerda con los resultados reportados por Guisasola, Almudí y Ceberio (2003) quienes realizaron una investigación con estudiantes de Ingeniería Técnica Industrial, encontrando de forma similar que sólo el 17% contestaron correctamente esta pregunta, demostrando la gran dificultad de los estudiantes para distinguir entre interacción eléctrica y magnética.

II. Pregunta 2.

Tenemos una espira fija en un circuito de corriente continua y enfrente de un imán como se indica en la figura.

¿Qué sucederá?



Fig. 2 Almudí (2002).

B1. La fuerza electromotriz genera un campo que interactúa con el campo del imán. Se espera que el estudiante hable del campo magnético generado en la espira por la corriente eléctrica y de la interacción con el campo magnético generado por el imán. El estudiante debía identificar las dos fuentes de campo magnético.

Algunas de las repuestas de los estudiantes fueron:

<i>El campo en la espira se creará e interactuará con el campo del imán. Si el campo de la espira es positivo atraerá el imán y si es negativo lo repelerá.</i>
<i>Será atraído por el campo producido por el imán y el producido por el circuito.</i>
<i>Se atraerán las dos cosas.</i>

B2. Incorrecto, Inducción electromotriz por variación del campo magnético en la espira. Se observó una fuerte relación del dibujo con la ley de inducción, pues muchos estudiantes justificaron su respuesta en una variación del campo magnético en la espira al mover el imán.

Algunas de las repuestas de los estudiantes fueron:

<i>El imán se comienza a mover en la dirección en que gira la espira</i>
<i>Aumenta su corriente.</i>
<i>La circulación de la corriente, en la espira, sumergida entre el campo magnético, digamos "B", genera una fuerza llamada "fuerza de Lorentz".</i>
<i>No habrá ningún tipo de corriente puesto que no está variando el campo. O sea que no hay flujo de corriente.</i>

B3. Fuera de contexto. Hay dificultad en diferenciar las fuentes de campo magnético. Se da carácter eléctrico al imán, es decir, se piensa que tiene cargas en los polos y que interactúa con los electrones que generan la corriente.

Algunas de las repuestas de los estudiantes fueron:

<i>No se mueve porque la corriente es continua. Se movería si fuese corriente alterna.</i>
<i>Como la DC hace una línea sin hacer onda sinusoidal no hay cambios.</i>
<i>Detiene el sentido de giro de la espira.</i>
<i>El campo creado varía con respecto a la distancia del imán.</i>
<i>La espira fija está conectada al circuito DC y ella produce un campo eléctrico de ella por el número de espiras que tenga y el imán también está cargado entonces el imán puede unirse a la espira y darse vuelta o repelerse.</i>
<i>Que en la espira se formara un campo magnético por que el imán tiene polos + y polos -.</i>

B4. No responde.

TABLA No. 2
RESULTADOS DE LAS RESPUESTAS A LA PREGUNTA 2

Categoría	Número de estudiantes	Porcentaje
B1	30	31,9%
B2	23	24,5%
B3	21	22,3%
B4	20	21,3%

Con respecto a esta pregunta el 31.9% de los estudiantes respondió correctamente relacionando la interacción del campo magnético producido por la espira y el campo magnético del imán. El 21.3% no contestó la pregunta. Con respecto a las dificultades de comprensión de los conceptos involucrados, el 24.5% de los estudiantes pensó en la ley de inducción y dado que el imán estaba en reposo con respecto a la espira, dedujeron que no había corriente eléctrica en el circuito. El 22.3% de los estudiantes comprobó el grado de confusión que tienen entre las fuentes de campo magnético. Esta afirmación es corroborada por Almudi (2002) quien realizó una investigación con 235 estudiantes de bachillerato, ingenierías y física y reportó que solo el 2% de estudiantes de bachillerato y el 18% de estudiantes de física contestaron con precisión. El fracaso en los resultados se atribuye igualmente a la falta de conceptualización de los campos magnéticos y las dificultades para identificar las fuentes de campo magnético.

III. Pregunta 3.

El diagrama muestra un hilo largo recorrido por una intensidad de corriente i que sale hacia afuera del papel. ¿Cuál será la dirección del campo magnético en las posiciones A y B? Elija una de las respuestas.

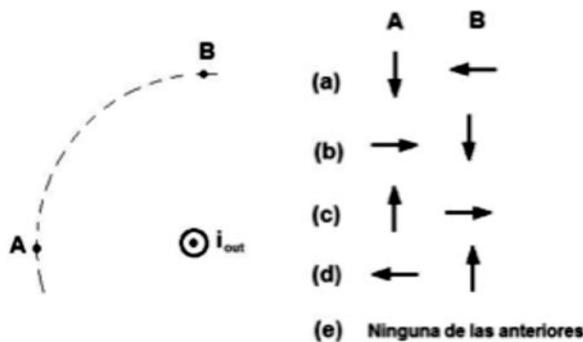


Fig. 3. Maloney, O'Kuma, Hieggelke y Van Heuvelen (2001).

En esta pregunta de selección múltiple los estudiantes no justifican la respuesta elegida. Se presentan a continuación las posibles explicaciones a las respuestas seleccionadas:

a) Se esperaba que usaran bien la regla de la mano derecha para hallar el campo magnético en un alambre recto por el que pasa una corriente I . Que identificaran que el campo magnético es siempre tangencial a un círculo centrado en el alambre.

b) Esta es la dirección del campo eléctrico generado por una carga negativa que está en el lugar del alambre. Si al alambre se le coloca una diferencia de potencial, sin generar una corriente I , estas flechas indicarían las direcciones del campo eléctrico producido por el alambre cargado.

c) En esta respuesta se observó que los estudiantes tienen dificultades en el uso de la regla de la mano derecha, identificaron la ley o la fórmula matemática, pero no la usaron en la aplicación de este problema.

d) Hubo dificultad en diferenciar el campo eléctrico del campo magnético, además parece que pensaran que van en la misma dirección.

e) El estudiante no identifica una corriente eléctrica (cargas en movimiento) como generador de campo magnético.

TABLA N° 3.
RESULTADOS DE LAS RESPUESTAS A LA PREGUNTA 3.

Categoría	Número de estudiantes	Porcentaje
(a)	21	22,3%
(b)	17	18,1%
(c)	21	22,3%
(d)	3	3,2%
(e)	14	14,9%

Las respuestas (a) y (c) fueron seleccionadas por 21 estudiantes, lo que equivale a un 22.3%. Esto implica una aplicación de la ley de la mano derecha correcta en el caso de los estudiantes que contestaron la opción (a) y con un error de dirección para el otro grupo. Con respecto a los estudiantes que eligieron (b) y (d) es posible concluir que tienen idea de un campo radial que sale o llega al alambre, mostrando una concepción alternativa del campo generado por un alambre similar a la generada por una carga en reposo, es decir, piensan las cargas eléctricas que forman la corriente en un instante de tiempo como estáticas y trazan las líneas de campo magnético en la misma dirección en las que se presentarían las de campo eléctrico. Dentro de esta concepción el 18.1% de los participantes seleccionaron la respuesta que muestra las líneas de campo entrando hacia el alambre, respuesta (b) y un 3.2% seleccionaron la respuesta que muestra que las líneas de campo salen del alambre, respuesta (d). Un 14.9% de los estudiantes aseguró que las líneas de campo magnético van en una dirección diferente a las presentadas en la pregunta y un 19.2% no la respondieron.

El estudio de Maloney, et al. (2001) concuerda con los resultados al realizar un trabajo con estudiantes norteamericanos de secundaria y de universidad aplicando un pre-test y luego un pos-test. La respuesta correcta fue dada por el 15% de los estudiantes en la fase inicial y ascendió a un 56% después de la instrucción y el post-test. También encontró que las respuestas (b) y (d) fueron dadas por un 44% de los estudiantes al final del proceso.

III. CONCLUSIONES

Las concepciones en relación con la dirección del campo eléctrico y magnético son difusas, un gran porcentaje considera que el campo magnético y el eléctrico tienen la misma dirección tal como se analizó en la pregunta 3, donde solo cuatro estudiantes seleccionaron la respuesta (b). Lo anterior permite concluir que tienen grandes dificultades a la hora de identificar la dirección de las líneas de campo.

La mayoría de las explicaciones son producto de las analogías que el estudiante hace, muchos confunden, combinan y mezclan el conocimiento científico con el

sentido común. Algunas de las explicaciones son de origen cultural.

Al analizar todas las respuestas sólo el 2.1% de los estudiantes acertaron correctamente las tres preguntas y el 22.4% dos. Estos resultados indican que sí el cuestionario aplicado a los 94 estudiantes hubiese sido un examen de curso, el 97.9% de los estudiantes habría reprobado, teniendo en cuenta además que varios estudiantes estaban repitiendo la asignatura *campos eléctricos* hasta por tercera vez y otros pertenecían al curso vacacional.

Es también importante aclarar que los resultados que se encontraron son comparables con los presentados por Guisasola, et al. (2003) y Almudí, (2002) en España y por Maloney, et al. (2001) en Estados Unidos. Algunos fueron aplicados antes, durante o después de los cursos. Ellos señalan que las dificultades en la comprensión del electromagnetismo es una constante, pues evidencian que los estudiantes usan los conceptos y el álgebra mientras aprueban el curso, pero con el tiempo vuelven nuevamente a explicar los fenómenos científicos desde sus concepciones alternativas.

La presente investigación proporciona una reflexión en torno a los métodos para enseñar conceptos científicos en nuestro contexto y pensar en la necesidad de innovar estrategias que mejoren los procesos de aprendizaje, los profesores de educación superior tienen la tarea de repensar sobre el qué enseñar, cómo enseñar, a quién enseñar y lo más importante aún para qué enseñar.

REFERENCIAS

- [1] J. M. Almudí, "Introducción del concepto de campo magnético en el primer ciclo de la universidad: dificultades de aprendizaje y propuesta alternativa de orientación constructivista", Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco, 2002.
- [2] J. Guisasola, J.M. Almudí, M. Ceberio, "Concepciones alternativas sobre el campo magnético estacionario. Selección de cuestiones realizadas para su detección. Investigación y Didáctica", vol.21, no.2, pp.281-293, 2003.
- [3] J. Guisasola, J.M. Almudí, J.L. Zubimendi, "Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitarios en la teoría de campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza", Enseñanza de las Ciencias. vol.21, no. 1, pp. 79-94, 2003.
- [4] Maloney, o'kuma, hieggelke, a.van,heuvelen, "Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism", Phy, Educ, Res. American Journal of Physics Suppl, vol.69, no.7, pp. 12—23, 2001.
- [5] C. Furio, J. Guisasola, "Deficiencias epistemológicas en la enseñanza habitual de los conceptos de campo y potencial eléctrico. Enseñanza de las ciencias", vol.15, no.2, pp.259-271, 1997.
- [6] A.Llancaqueo, M.C. Caballero, and M.A. Moreira, "El concepto de campo en el aprendizaje de la física y en la investigación en educación en ciencias", Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias, vol.2, no.3, pp.227-253, 2003.
- [7] L. Catalán, C.C. Sahelices, M.A. Moreira, "Niveles de conceptualización en el campo conceptual de la inducción electromagnética", Lat. Am. J. Phys. Educ, vol.4, no.3, 2010.
- [8] S. Velazco, "El campo electromagnético en la enseñanza y el aprendizaje de la física", Tesina predoctoral. Universidad Nacional de Tucumán, 1998.
- [9] B. Osorio, J.A. Osorio, G. Campillo, S. Mejía, R. Covaleda, "La enseñanza y el aprendizaje del electromagnetismo: una breve revisión de las investigaciones en este campo", Revista Cintex. Institución Universitaria Pascual Bravo, vol.17, pp. 51-62, 2012.



Beatriz Elena Osorio Vélez, nació en Medellín, Colombia, el 27 de marzo de 1963. Se graduó en la universidad de San Buenaventura como Licenciada en Educación Preescolar y en el año 2006 obtuvo el título de Magister en Educación y Desarrollo Humano en la Universidad de Manizales Colombia.

Se ha desempeñado como docente investigadora en la Institución Universitaria Pascual Bravo. Sus áreas de interés en investigación son la pedagogía, la didáctica, el desarrollo humano y social.



Luz Stella Mejía Aristizabal nació en Medellín, Colombia, el 20 de marzo de 1966. Tecnóloga en Preescolar, 1986. Licenciada en matemáticas y Física, U. de Antioquia, 1995. Especialista en Enseñanza de la Física, 2000. Magister en Educación con énfasis en Ciencias Experimentales, 2006. Doctora en Educación, 2012.

Ha trabajado en diferentes instituciones educativas de Medellín. Desde el año 1996 es profesora de Física del Centro Formativo de Antioquia CEFA y profesora de Cátedra de la Facultad de Educación de la Universidad

de Antioquia desde el mismo año. Se desempeña en esa institución como docente investigadora en las líneas de Formación de maestros, historia y epistemología de las ciencias y argumentación en ciencias.



Jaime Alberto Osorio Vélez nació en Medellín, Colombia, el 21 de enero de 1968.

Se graduó de Físico en la Universidad de Antioquia en 1995. En instrumentación científica, obtuvo el título de Magister en Física en 1998, Universidad del Valle y en 2003 se graduó como Doctor en Ciencias Física, en el área de estado sólido en la misma universidad. Ha trabajado en el Instituto de Física de la Universidad de Antioquia desde 2003 y entre sus campos de interés están el estado sólido,

las películas delgadas, materiales nanoestructurados y la enseñanza de la Física.



Gloria Eugenia Campillo Figueroa nació en Caicedonia, Valle, Colombia, el 11 de octubre de 1969. Se graduó de Físico en la Universidad del Valle, en 1997. Magister en Física en 2001. Doctora en Ciencias Física, en el área de estado sólido, en películas delgadas de materiales magnéticos, 2006, Universidad del Valle.

Ha trabajado en el Instituto de Física de la Universidad de Antioquia desde 2003 y entre sus campos de interés están el estado sólido, las películas delgadas, instrumentación científica y la enseñanza de la Física. Actualmente trabaja en la Universidad de Medellín, Medellín, Colombia, en el Grupo de Investigación

Materiales Nanoestructurados y Biomodelación – MATBIOM.



Rodrigo Covaleda, nació en Purificación Tolima, Colombia, el 25 de abril de 1948. Se graduó en Física en 1974 en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional en Bogotá. Magister en Física, Universidad de Antioquia en 1988. Doctor en Enseñanza de las Ciencias en la Universidad de Burgos en 2008.

Se ha desempeñado como profesor de Física desde 1976 en el Instituto de Física de la Universidad de Antioquia y su actual tema de interés e investigación, La enseñanza de la física en las ciencias naturales, solución de problemas y la enseñanza de la física cuántica para secundaria.