

Enseñanza de las matemáticas en ingeniería: Modelación matemática y matemática contextual

Angélica Bravo-Bohórquez, Luz Jaddy Castañeda-Rodríguez, Harvey Iovany Hernández-Yomayusa
& Luis Alejandro Hernández-Hernández

*Grupo Axioma, Facultad de Ingeniería, Universidad de Cundinamarca, Facatativá, Colombia.
eymi.angy@gmail.com, jaddyc@gmail.com, hihi77@yahoo.com, alejandro_h_h@yahoo.com*

Resumen— Se presentan los resultados de una experiencia de aula aplicando la modelación matemática en la enseñanza de las ciencias básicas en educación superior y, la *Teoría de la Matemática en Contexto* [1] como un modelo didáctico de enseñanza aprendizaje, vinculando a los tres agentes dentro del proceso: estudiante - conocimiento - docente. De otra parte, se explica la metodología a desarrollar en la consecución del proyecto *Modelación matemática como un recurso didáctico viable en la enseñanza - aprendizaje de la ciencias concebido desde de la matemática contextual*, en el que se propone la enseñanza de la matemática en los programas de ingeniería de la Universidad de Cundinamarca partiendo de la triada: realidad - modelación - simulación.

Palabras clave— modelación, educación matemática.

Recibido: 6 de septiembre de 2015. Revisado: 1 de noviembre de 2015.
Aceptado: 25 de noviembre de 2015.

Teaching of mathematics in engineering: Mathematical modeling and contextual mathematics

Abstract— In this paper it shows results of a classroom experience applying mathematical modeling in teaching basic science in higher education and the Theory of Mathematics in Context [1] as a didactic model of teaching and learning, linking the three agents in the process: student - knowledge - teacher. Furthermore it explains, the methodology developed in the achievement of the *Mathematical modeling as a viable teaching resource in teaching - learning of science conceived from the contextual mathematics*, where it proposes the teaching mathematics in engineering programs of the Universidad de Cundinamarca based on the triad: actually - modeling - simulation.

Key words— modeling, math education

1. Introducción

Como profesionales de la educación matemática, notamos que nuestros estudiantes pueden tener diversas formas de adquirir el conocimiento. El Dr. David Kolb y otros investigadores manifiestan que menos del 25% de los estudiantes son estudiantes abstractos [2] En este sentido, los métodos comunes de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas irían dirigidos a este reducido grupo. Se ha demostrado igualmente, que la mayoría aprende cuando logran transferir nuevos conceptos al mundo que le rodea. [3] Es aquí donde la Teoría de la Matemática en Contexto [1] cobra toda su importancia.

La Teoría de la Matemática en Contexto, surge en el año de 1982 en el Instituto Politécnico Nacional por la necesidad de lograr que los estudiantes, particularmente de ingeniería se incentivarán ante la adquisición del conocimiento matemático, la sintieran como una herramienta necesaria y útil y no como una serie de conceptos aislados y complejos. En la Universidad de Cundinamarca, tal necesidad es la misma. A partir de los diferentes cursos de matemática y aún de física, se ha encontrado reiterativamente situaciones de negación hacia los conceptos y situaciones de análisis matemático. Problemática ésta común en todos los niveles de las distintas carreras profesionales.

2. Antecedentes

Se ha evidenciado a partir de los diagnósticos sobre nivel de conocimiento en las ciencias básicas, aplicados a los estudiantes que son admitidos en la Universidad de Cundinamarca (2008, 2009, 2010), que hay fuertes falencias en cuanto a conocimiento y pensamiento lógico matemático reflejado en la falta de habilidad para solucionar problemas, inferir posibles alternativas y proponer ideas frente al problema planteado.

De otra parte, es preocupante la estrecha relación existente entre deserción estudiantil y bajo desempeño académico en las ciencias básicas. (Encuesta Nacional de Deserción Escolar (ENDE), agosto de 2011). Los índices de deserción se hacen mayores cuando el estudiante asume no ser competente para cursar matemáticas y ciencias afines. En este sentido, surge la inquietud por buscar alternativas que minimicen el índice de mortalidad académica garantizando un óptimo nivel de aprendizaje. Es así, como se acude a experiencias como la del Instituto Politécnico Nacional de México, donde hace más de 20 años se plantea la Teoría de la Matemática en Contexto como una estrategia útil en la consecución de éste objetivo. Así mismo, capta nuestra atención el Modelo CORD, [2] con su estrategia REACT, con un enfoque basado en la matemática contextual.

La Teoría de la Matemática en Contexto, se desarrolla a través de 9 fases estratégicas [1], en función de dos ejes

fundamentales: contextualizar y descontextualizar: donde contextualizar obedece la relación que se puede establecer entre el conocimiento matemático y las ciencias, el conocimiento matemático y la cotidianidad y de otra parte entre el conocimiento matemático y el área de desempeño profesional.[1],[4],[5] De tal forma, que solo será posible una transferencia de conocimiento por parte del estudiante, si éste está en capacidad de relacionar un modelo matemático y a su vez es capaz de llevarlo a otros contextos, es decir, si logra descontextualizarlo del evento inicial.

Así, el modelo busca ir más allá de un procedimiento meramente mecánico en la resolución de situaciones de contexto, lo que permite una conexión de ideas y conceptos matemáticos con otras ciencias y orienta el conocimiento matemático hacia el aprendizaje significativo estipulado por Ausbel y Novak [3]. El Modelo CORD, basado igualmente en matemática contextual, surge en los Estados Unidos en el movimiento Tech Prep, con el propósito de apoyar estilos de aprendizaje que no se ajustan a los estándares convencionales, sencillamente porque tienen estilos de aprendizaje distintos. Propone un cambio en la estructura curricular como en los recursos de enseñanza convencionales.

La estrategia que se plantea desde este enfoque se encierra en la sigla REACT, de Relación, Experimentación, Aplicación, Cooperación y Transferencia [2], donde se busca que el estudiante a través de experiencias logre estructurar un nuevo concepto mediante el aprendizaje significativo[3]. Haciendo uso de la experiencia lograda por la Teoría de la Matemática en Contexto, aplicado al modelo REACT se encuentra que se encaja perfectamente a los objetivos que se buscan en la investigación, éste busca que los estudiantes aprendan y desarrollen sus inteligencias personales, además es posible encontrar por medio de ésta, problemas altamente relacionados con el ámbito laboral y profesional, desarrollando habilidades analíticas a través de la experiencia. Por otro lado, las investigaciones concluyen que al aplicar la estrategia REACT se puede alcanzar alto nivel cognitivo, haciendo de los estudiantes futuros profesionales competitivos.

3. Metodología

La investigación plantea y pretende validar la siguiente hipótesis:

Una estrategia pedagógica para la enseñanza de la matemática basada en la modelación matemática, reconociendo los estilos de aprendizaje y los estilos de pensamiento como variables incidentes en los procesos de enseñanza - aprendizaje, permiten una mejor adquisición de los conceptos y la utilización de éstos en la solución de eventos.

La investigación se desarrolla mediante un diseño cuasi - experimental. En el tratamiento metodológico se describen las siguientes etapas:

- 1) Habiendo ya adelantado una revisión bibliográfica y del estado del arte acerca de estrategias pedagógicas basadas en modelación matemática en la educación superior y, del diseño de programas de simulación para la interpretación de sistemas dinámicos mediante la

modelación matemática de los mismos, se procede a seleccionar un grupo experimental y un grupo control, siendo ellos estudiantes de uno de los programas de ingeniería de la Universidad de Cundinamarca de primer semestre. La selección de los grupos se realizará por aleatorización.

- 2) Las variables que se definen a tener en cuenta, son los cambios en el aprendizaje como la variable dependiente y las técnicas de enseñanza aprendizaje aplicadas al grupo experimental en comparación con el grupo control como la variable independiente.
- 3) Se hace necesario medir los estilos de aprendizaje, los estilos de pensamiento y las dominancias cerebrales de los estudiantes para estructurar equipos de trabajo eficaces en función de sus habilidades y fortalezas. De igual manera, esta información nos permite evaluar si la estrategia aplicada favorece la conceptualización, análisis y contextualización que hace el estudiante sobre los contenidos que se orientan en el aula de clase. Para ello, se aplicará el Test Revelador del Cociente Mental Triádico, (estilos de pensamiento y dominancias cerebrales) y el Test Gregorc Style Delineator (GSD) (estilos de aprendizaje). Esto permite evidenciar si el cerebro predominante del estudiante es lógico, operativo o emocional y se conformarán equipos de trabajo de tres estudiantes integrando las tres fortalezas. El GSD permite identificar si es del estilo Secuencial Concreto, Secuencial Abstracto, Casual Abstracto, o Casual Concreto, de cuyos resultados se analizará la eficacia de la estrategia con la forma como los estudiantes aprenden.
- 4) Se aplican instrumentos de evaluación previo y posterior a la aplicación de la estrategia para medir nivel de conceptualización matemática por parte de los estudiantes y de esta forma medir cambios en el aprendizaje. Durante todo el proceso de implementación de la estrategia se realizarán observaciones sobre la forma como los estudiantes se desenvuelven en cada uno de los niveles tomando registro en medio digital y/o en un diario de campo.
- 5) Finalmente, se recopila y se procesa la información obtenida en la aplicación de los instrumentos de evaluación procesados mediante la técnica de *Fisher* y de esta información junto con las observaciones realizadas durante el proceso, se obtienen conclusiones en función del objetivo planteado.

4. La estrategia propuesta

Los modelos antes mencionados son de gran relevancia en la consecución de ésta propuesta, para fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. En este caso, son la piedra angular para el enfoque que se quiere dar a la propuesta Modelación matemática como un recurso didáctico viable en la enseñanza - aprendizaje de la ciencias concebido desde de la matemática contextual. Se propone la siguiente estrategia al respecto:

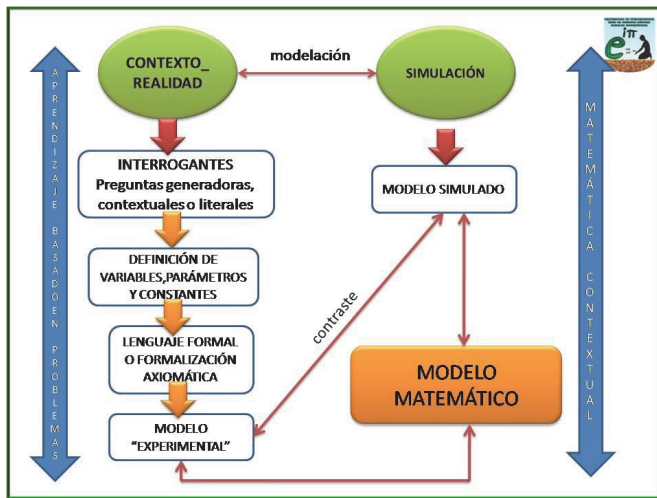


Figura 1. Estrategia REMSI.
Fuente: Grupo de Investigación Axioma, Universidad de Cundinamarca.

La estrategia REMSI (Realidad - Modelación – Simulación), pretende guiar un proceso a partir de la matemática contextual, inicialmente enfrentando al estudiante ante una situación problema o ante un evento [6], de su contexto o realidad para que finalmente esté en capacidad de construir un modelo matemático. La estrategia didáctica acota los siguientes momentos:

Un aspecto altamente importante, es el criterio de evaluación que se aplica sobre la estrategia. Al respecto, se realiza una observación constante del proceso y, se analiza la argumentación

Tabla 1.
Características de la Estrategia Remsi

Momentos	Propósitos y/o Características
1 Test de Honey – Alonso	Identificar estilos de aprendizaje para identificar el tipo de estudiante en activo, reflexivo, pragmático y teórico.
2 Test de estilos de pensamiento basado en la teoría del cerebro triádico de Waldemar de Gregori	Categorizar a los estudiantes en lógico, operativo ó creativo-emocional, a fin de conformar equipos óptimos de trabajo colaborativo
3 Evaluación de conceptos previos	Establecer los conocimientos previos del tema y preconceptos
4 Estrategia REMSI	<i>Realidad:</i> Sistema masa - resorte <i>Modelación:</i> Ecuación de Movimiento <i>Simulación:</i> Utilización de Easy Java Simulation
5 Evaluación conceptual posterior a la aplicación de la estrategia	Debe ser centrada en el modelo matemático en contexto y, además atender al aprendizaje significativo. Debe plantearse problemas, eventos o situaciones, que requieran simulaciones. El grado de complejidad de la situación problema, debe atender al nivel académico del estudiante.

Fuente: Grupo de Investigación Axioma, Universidad de Cundinamarca.

Tabla 2.
Criterios de evaluación cualitativa en modelación matemática.

Escala de valoración	Criterios de Comprensión del evento desde la Modelación Matemática						Argumentación		
	Identifica Parámetros	Define Variables	Relaciona Variables	Soluciona Modelos Matemáticos	Construye Modelos Matemáticos	Argumentación			
						No argumenta	Deficiente	Suficiente	
B-b	■	■	■	■	■	■	■	■	
Bajo	■	■	■	■	■	■	■	■	
M – b	■	■	■	■	■	■	■	■	
Medio	■	■	■	■	■	■	■	■	
M – a	■	■	■	■	■	■	■	■	
Alto	■	■	■	■	■	■	■	■	

Fuente: Grupo de Investigación Axioma, Universidad de Cundinamarca.

que presenta el estudiante frente a la resolución de un evento, ante la que se define una escala valorativa de tipo cualitativa. De igual manera, se hace una comparación de los resultados obtenidos en el test de conocimiento previo y posterior a la aplicación de la estrategia, tanto cualitativa como cuantitativamente. Así, los criterios de evaluación cualitativa se definen:

Para la evaluación cuantitativa, se puntúa en concordancia con la selección de la respuesta correcta.

4.1. Sobre la experiencia

La estrategia REMSI se aplicó a estudiantes de primer semestre de la Universidad de Cundinamarca, del programa de Ingeniería Ambiental, para el núcleo de Matemáticas I, abordando el concepto de Razón de Cambio Instantánea cuyo evento objeto de estudio fue el sistema Masa-Resorte. Se conformaron grupos de trabajo de tres

estudiantes de acuerdo con la estrategia. Para tres resortes distintos se evaluó la elongación en condición estática, se tomaron imágenes del sistema en cada una de las situaciones y se analizaron con el programa Tracker que permite visualizar la tabla de datos experimental y ajustar la curva más próxima a la descripción del suceso. A partir de ello, se le sugirió interrogantes como: identificar las variables (elongación, peso), los parámetros incidentes (fricción del aire) en el modelo, relación entre las variables, si esa relación era una función y qué características tenía esa función. Con el programa de Easy Java Simulation se validó el modelo.

En éste nivel, se espera que los estudiantes identifiquen el evento descrito y los parámetros incidentes en él, definan y relacionen las variables que precisan la solución del evento mediante una ecuación o modelo matemático. Es decir, se espera que el estudiante logre un nivel Medio, como se evidencia en la Tabla 2.

Particularmente, para el tema Razón de Cambio Instantánea, se busca a través de la evaluación identificar el grado de comprensión del concepto de derivada a través de la razón de cambio promedio y la razón de cambio instantánea.

Los resultados obtenidos de las pruebas aplicadas se muestran en la Fig. 2.

Como se puede observar en la Fig. 2., si sólo tenemos en cuenta el que el estudiante seleccione la respuesta correcta, el promedio para el grupo experimental en una escala de 0 a 5.0, es de 1.7. Mientras que para el grupo control, el promedio es de 2.3. Aunque son escalas numéricas que pudieran reflejar bajos resultados, se procedió en seguida a analizar bajo la escala cualitativa descrita en la Tabla 2, los razonamientos que describen los estudiantes para seleccionar su respuesta.

En la Fig. 3. se puede observar que la media para cada grupo ha cambiado sustancialmente. Para el grupo experimental la media se encuentra en Medio bajo, mientras que para el grupo control se encuentra entre Bajo y Medio bajo.

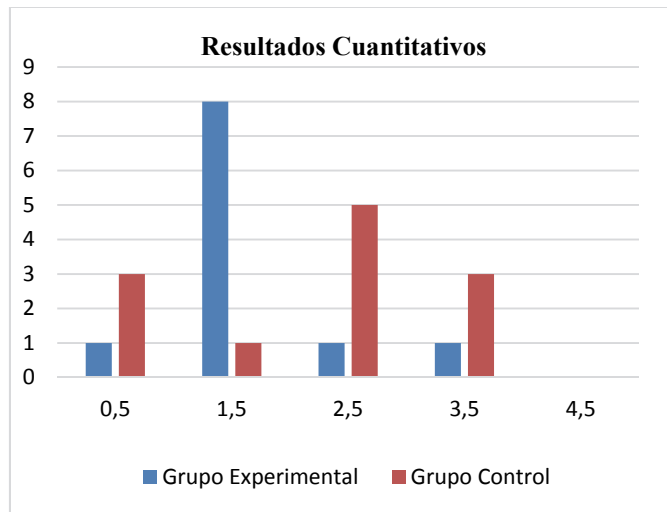


Figura 2. Resultados cuantitativos de la prueba posterior a la aplicación de la estrategia comparando el grupo experimental con el grupo control. Fuente: Los autores

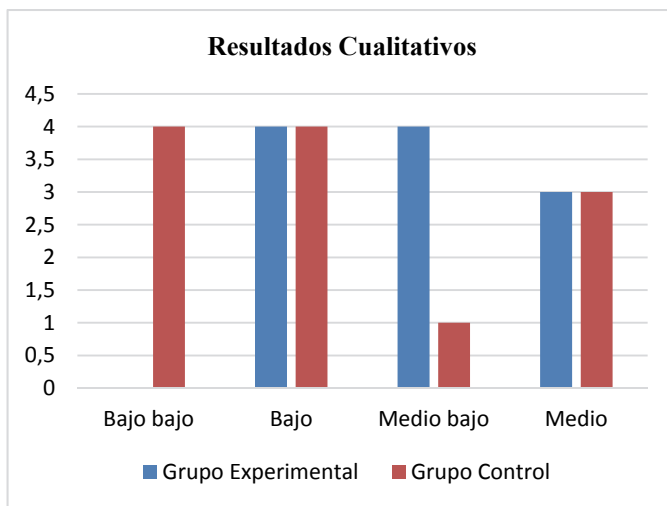


Figura 3. Resultados cualitativos de la prueba posterior a la aplicación de la estrategia comparando el grupo experimental con el grupo control. Fuente: Los autores



Figura 4. Comparación entre los diagramas de correlación para los resultados cuantitativos y cualitativos. Fuente: Los autores



Figura 5. Comparación entre los diagramas de correlación para los resultados cuantitativos y cualitativos. Fuente: Los autores

Así, se puede deducir, de acuerdo con los criterios establecidos en la Tabla 2, que todos los estudiantes estuvieron en capacidad de identificar el evento descrito y los parámetros incidentes en él. Sin embargo, el 66.6% de estudiantes del grupo control no argumentaron su respuesta o su argumentación fue deficiente, con respecto a un 36.3% del grupo experimental que argumentaron aunque de manera deficiente.

Un 8.3% de los estudiantes del grupo control se encuentran en nivel Medio bajo, con respecto a un 36.3% del grupo experimental. En éste nivel, se observa que los estudiantes además de estar en capacidad de identificar el evento descrito y los parámetros incidentes en él, definen y relacionan variables a través de una relación. Más su argumentación es deficiente.

Aproximadamente el 27% de los estudiantes, tanto de grupo control como del grupo experimental, lograron el nivel

esperado. Están en capacidad de identificar el evento descrito y los parámetros incidentes en él, definen y relacionan variables a través de una ecuación y argumentan suficientemente su respuesta.

En concordancia con las Figs. 4 y 5, se evidencia que en el grupo experimental existe una tendencia lineal entre el resultado cualitativo y el resultado cuantitativo. En éste sentido, la aplicación de la estrategia nos permite visualizar que cuanto mejor es el resultado cualitativo, mejor es el resultado cuantitativo. Mientas que en el grupo control, aun cuando obtuvieron en la mayoría de los casos la respuesta correcta al problema, sus razonamientos matemáticos no justifican su respuesta. Es decir, la modelación matemática puede ser una muy buena alternativa no sólo en la resolución de un problema, sino en el razonamiento que se hace acerca del mismo.

5. Conclusiones

Reconocer que los procesos educativos y el mismo conocimiento deben desarrollarse y evolucionar con la sociedad, sugiere que las actividades de aula actuales estén apoyadas en el aprendizaje de nuevas herramientas de conocimiento y también integrar las tecnologías a su aprendizaje de una manera asertiva. Se encuentra que es importante ajustar la didáctica de las matemáticas en concordancia con las necesidades actuales.

La matemática contextual presenta un nuevo enfoque para aplicar en la educación superior y, además resulta muy atractivo para los estudiantes, porque les permite repensar su entorno y enfocar su conocimiento y su saber profesional.

La estrategia REMSI permitió a los estudiantes establecer una conexión más tangible entre el conocimiento matemático y las aplicaciones. En general, esta estrategia dota al estudiante de la capacidad de contextualizar en otras disciplinas el conocimiento matemático.

Referencias Bibliográficas

- [1] Camarena, P., Diseño de un curso de ecuaciones diferenciales en el contexto de los circuitos eléctricos. Tesis de Maestría en Ciencias con especialidad en Matemática Educativa, CINVESTAV-IPN, México, 1987.
- [2] CORD, Enseñanza contextual de la matemática. Piedra angular del cambio de paradigmas. EEUU: CORD Communications Inc. 2003.
- [3] Ausubel-Novak-Hanesian., Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo. 2º Ed., TRILLAS, México, 1983.
- [4] Camarena, P., El currículo de las matemáticas en ingeniería. Mesas redondas sobre definición de líneas de investigación en el IPN, México, 1984.
- [5] Camarena, P., La enseñanza de las matemáticas en el contexto de la ingeniería. XXVIII Congreso Nacional de la Sociedad Matemática Mexicana, México, 1995.
- [6] Camarena, P., Hacia la integración del conocimiento: Matemáticas e Ingeniería, 1999.
- [7] Camarena, P., Los modelos matemáticos como etapa de la matemática en el contexto de la ingeniería. Reporte de investigación No. CGPI-IPN: 990413. Editorial ESIME-IPN. México, 2000a.
- [8] Rojas, G., Salas, R. y Jiménez, C., Estilos de aprendizaje y estilos de pensamiento entre estudiantes universitarios. *Estud. pedagóg.* [online]. 32(1), pp. 49-75, 2006. [Fecha de consulta: 01 de Marzo 2014]. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07052006000100004)

07052006000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es DOI: 10.4067/S0718-07052006000100004.

- [9] Rodríguez, N., Diseños experimentales en educación. *Revista de Pedagogía.* XXXII(91), pp. 147-158, 2011. [En Línea]. [Fecha de consulta: 1 de marzo de 2014] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=65926549009>

A. Bravo-Bohórquez, recibió el título de Lic. en Física en 2007, de la Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia, el título de MSc. en Ciencias Física en 2014, de la Universidad Nacional, Bogotá, Colombia, ha trabajado como docente de la Universidad de Cundinamarca, Colombia desde el 2011, en el área de Ciencias Básicas y desde el 2012 se ha desarrollado en proyecto de Investigación Modelación Matemática desde la Matemática Contextual.

ORCID: 0000-0001-7655-4278

L.J. Castañeda-Rodríguez, recibió el título de Lic. en Matemáticas y Física en 2003, de la Universidad de Cundinamarca, Colombia, el Título de Esp. en Gerencia de las Telecomunicaciones de la Escuela de Comunicaciones Militares de Colombia y actualmente es candidata a obtener el título de MSc. en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Colombia. Ha trabajado como docente de la Universidad de Cundinamarca desde el año 2004 en el Área de Ciencias Básicas. Desde el 2012 ha desarrollado trabajo de investigación en Modelación Matemática desde la Matemática Contextual. Es líder del Grupo de Investigación Axioma.

ORCID: 0000-0002-6970-9144

H.I. Hernández-Yomayusa, recibió el título de Ing. Industrial en 2000, de la Universidad América, Bogotá, Colombia, el título de Esp. en Seguridad Física y de la Informática en 2008, de la Escuela de Comunicaciones Militares de Colombia; ha trabajado como docente de la Universidad de Cundinamarca, Colombia desde el año 2007 y en la Universidad de la Sabana, Colombia desde el 2014, en el área de Ciencias Básicas y desde el 2012 ha desarrollado trabajo de investigación en Modelación Matemática desde la Matemática Contextual.

ORCID: 0000-0001-7849-4133

L.A. Hernández-Hernández, recibió de Ing. Agrícola en 2002, de la Universidad Nacional de Colombia, el título de Esp. en Gerencia de Proyectos Educativos en 2012, de la Universidad Cooperativa de Colombia. Actualmente, cursa el MSc. Internacional en Auditoría y Gestión Empresarial con la Fundación Universitaria Iberoamericana, Bogotá, Colombia. Ha trabajado como docente de la Universidad de Nacional de Colombia en el año 2003 y en la Universidad de Cundinamarca desde el año 2013. Desde el 2012 ha desarrollado trabajo de investigación en Modelación Matemática desde la Matemática Contextual.

ORCID: 0000-0003-4642-5648