



Exploración conceptual de las leyes de newton bajo el enfoque por competencias: una propuesta didáctica

Conceptual exploration of Newton 's laws under the competence approach: a didactic proposal

L. VÁSQUEZ¹

Recibido: 29 de junio de 2023 / Aceptado: 26 de septiembre de 2023

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con el propósito de obtener información documental sobre la comprensión que tienen los estudiantes del nivel medio del Distrito Central sobre las leyes de Newton. La metodología de investigación fue mixta, fundamentalmente basada en el método de investigación-acción, que se dividió en tres ciclos. En el primer ciclo se aplicaron encuestas a 541 estudiantes del Distrito Central y se comprobó que existían debilidades en esta temática. No se están logrando las competencias cognitivas declaradas en el plan de estudios oficial. Se entrevistó a docentes para saber qué conocimiento tenían sobre el cambio curricular que se implementó en el país desde el año 2015 y se indagó sobre las técnicas de enseñanza que mejores resultados les han dado. A partir de la revisión bibliográfica se propone una estrategia didáctica integral con el fin de desarrollar la competencia académica relacionada con la comprensión conceptual de las Leyes de Newton. Posteriormente, una vez implementada se aplica una prueba de conocimientos para valorar la calidad de respuestas de los estudiantes. Con esta investigación se identificó que las debilidades conceptuales más recurrentes en los estudiantes son el álgebra de vectores, el significado físico del Newton como unidad de medida, la relación entre el tamaño y material con la fuerza que produce y recibe al interactuar con otros objetos. Además, se comprobó que al enriquecer la clase transmisiva con actividades variadas hay un mejor aprovechamiento por parte del alumnado. Finalmente, se hace una reflexión sobre por qué ha sido tan difícil la implementación del enfoque por competencias. .

ABSTRACT

The present investigation obtained and analyzed field data aimed at exploring the degree of comprehension of Newton 's laws of motion by middle level students of the Central District in Honduras. The research methodology was mixed, fundamentally based on the research-action method divided into three cycles. In the first cycle, it was verified from the surveys applied to 541 students from the Central District, that there are significant weakness in the students ' command of the subject and that the cognitive competences declared in the official study plan are not being achieved. Teachers were interviewed in order to probe their familiarity with the curricular change that was implemented in the country since 2015 and to learn about the teaching techniques that have given them the best results. Based on the bibliographic review of the theoretical

¹Escuela de Física, Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional Autónoma de Honduras
lahuravasquez@gmail.com

* Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento - NoComercial 4.0 Internacional (cc) (i) (nc)

* This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. (cc) (i) (nc)

framework, a comprehensive didactic strategy is proposed in order to develop academic competence related to the conceptual understanding of Newton's Laws. Subsequently, a comprehension test was applied with the aim of assessing the quality of the students' responses once the didactic strategy has been applied to them. With this research, the most recurring conceptual weaknesses in the students were found in the sum of vector quantities, in the physical meaning of the Newton as a unit of measuring force, and in the relation between size and composition of an object and the force it produces upon interaction with others. In addition, it was verified that by enriching the traditional class format with activities that demand active participation the rewards in the students' learning became apparent. Finally, a reflection is offered on why the competence-based education approach has been so difficult to implement as applied to Newton's laws of motion.

PALABRAS CLAVES

Competencia, estrategia didáctica, Leyes de Newton, enfoque curricular

KEYWORDS

Competition, didactic strategy, Newton's Laws, curricular approach.

I | INTRODUCCIÓN

El enfoque por competencias supone un cambio en la práctica pedagógica. Sin embargo, entender las implicaciones que tiene el mismo no es fácil para los docentes. En el año 2015 se reformaron las carreras del nivel medio. Hoy en día, todos los estudiantes del décimo grado están obligados a cursar dos semestres de la clase de física. Esto implica que, la totalidad de los estudiantes que ingresen a cualquier universidad del país, habrán tomado al menos un año de clases de física. Una de las principales características de la reforma, es que se basa en el enfoque por competencias. El primer objetivo de esta investigación fue recolectar evidencia empírica sobre el grado de competencia académica que tienen los estudiantes del nivel medio tienen en la temática de las Leyes de Newton. Los resultados mostraron que los jóvenes no tenían un dominio conceptual aceptable, por lo que se diseñó una estrategia didáctica integral orientada hacia el desarrollo de competencias académicas en la temática de las Leyes de Newton. Finalmente, se aplicó un instrumento para determinar cuál era tipo de competencia alcanzada y en qué grado.

II | METODOLOGÍA

El método de investigación-acción fue la metodología que se usó para esta exploración. Lewin y Rock (Latorre (2005)) definen la investigación-acción como una “investigación sistemática por parte de los maestros con el objetivo de mejorar sus prácticas de enseñanza”. Esta metodología requiere de ciclos recursivos formados por cuatro etapas (a. realizar una observación, b. tomar acción; c. reunir documentación para analizar, y d. reflexionar sobre los resultados). El propósito de la metodología de investigación-acción es revisar el propio proceso de enseñanza y aprendizaje con una mirada crítica enfocada hacia las prácticas docentes. El objetivo es sustentar la toma de decisiones, basándose en los resultados obtenidos de la evidencia documental para reorientar el proceso educativo y hacerlo más efectivo. Para facilitar la comprensión de este artículo se presenta a continuación la descripción de cada ciclo de investigación con sus respectivos resultados.

1 | Primer Ciclo de Investigación

La primera etapa de esta investigación se realizó en el período comprendido entre 2015 y 2016. En este caso, el problema inicial era definir cuál era el nivel de competencia alcanzado por los estudiantes del décimo grado en el tema de Leyes de Newton. Para esto, se diseñó un instrumento escrito formado por 19 preguntas de selección única basado en las competencias declaradas en la currícula oficial del Bachillerato Técnico Profesional. Las preguntas abarcaban comprensión conceptual de las leyes de Newton, análisis numérico, elaboración de diagramas de cuerpo libre, fuerza de fricción, ejercicios con sistemas de dos y tres masas, y problemas de cálculo de aceleración, con dos masas presentes. La media de respuesta de este instrumento fue de una hora. Estas encuestas fueron aplicadas a una muestra intencional de 541 estudiantes provenientes de seis institutos de la capital (Escuela Normal Mixta Pedro Nuño, Instituto Gubernamental Mixto Renacer, Instituto Técnico Luis Bográn, Centro de Innovación e Investigación Educativa, Instituto Salesiano San Miguel y Elvel School). Con esto, se concreta la tercera etapa del ciclo que consiste en reunir documentación para analizarla y finalmente, se llega a la cuarta que consiste en reflexionar sobre los resultados obtenidos.

1.1 | RESULTADOS DE LA ENCUESTA INICIAL SOBRE LEYES DE NEWTON APLICADA A 541 ESTUDIANTES DEL DÉCIMO GRADO DE TEGUCIGALPA

Las respuestas se resumen en la siguiente tabla:

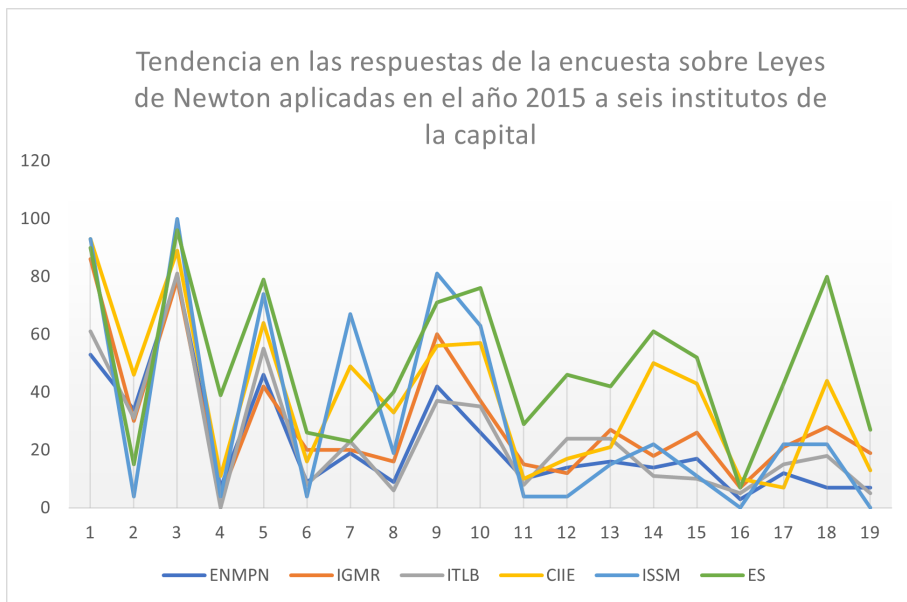
	Respuesta correcta	ENMPN	IGMR	ITLB	CIIE	ISSM	ES	%Aciertos General
Pregunta 1	D	53	86	61	93	93	90	79
Pregunta 2	B	34	30	31	46	4	15	27
Pregunta 3	A	80	79	81	89	100	96	88
Pregunta 4	B	7	4	0	11	4	39	11
Pregunta 5	A	46	42	55	64	74	79	60
Pregunta 6	A	9	20	8	16	4	26	14
Pregunta 7	A	19	20	23	49	67	23	34
Pregunta 8	A	9	16	6	33	19	40	21
Pregunta 9	B	42	60	37	56	81	71	58
Pregunta 10	A	26	37	35	57	63	76	49
Pregunta 11	E	10	15	8	10	4	29	13
Pregunta 12	C	14	12	24	17	4	46	20
Pregunta 13	B	16	27	24	21	15	42	24
Pregunta 14	A	14	18	11	50	22	61	29
Pregunta 15	C	17	26	10	43	11	52	27
Pregunta 16	A	3	7	5	10	0	7	5
Pregunta 17	B	12	21	15	7	22	43	20
Pregunta 18	B	7	28	18	44	22	80	33
Pregunta 19	A	7	19	5	13	0	27	12
% Resultados por instituto		22	30	24	38	32	50	32.7

Tabla 1: Resumen estadístico de los resultados obtenidos por instituto en las encuestas aplicadas en 2015

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de las encuestas

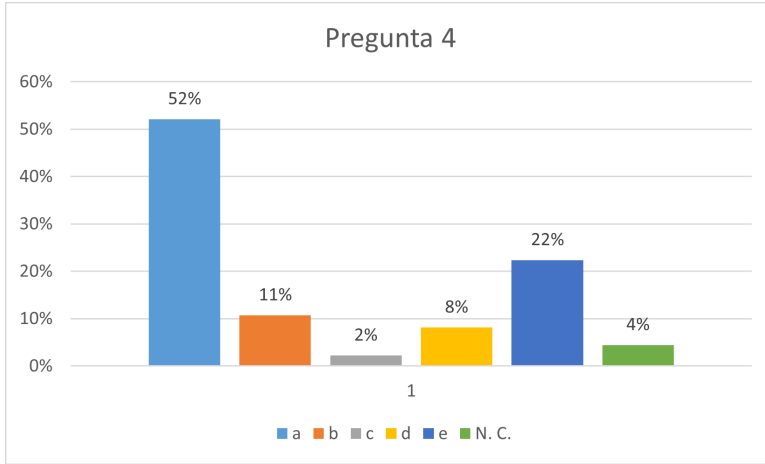
Esta tabla permite ver, que existen variaciones significativas entre un instituto y otro y también entre una pregunta y otra. Permite ver las tendencias de respuesta que tienen todos los colegios en cada pregunta. Por ejemplo, aunque en distintos porcentajes, la pregunta 1 se respondió correctamente en la mayoría de los colegios. En el promedio general, el resultado más bajo en aciertos fue obtenido por la escuela Normal Mixta Pedro Nuño y los más altos por la Elvel School. Sin embargo, dentro de su propio parámetro, la tendencia a acertar en la pregunta 1 se mantiene, tanto en el instituto con el rendimiento más bajo (53 % en el caso de la Normal Mixta, siendo una de sus respuestas más altas), como el instituto del rendimiento más alto (90 % en el caso de la Elvel School). Y esto es así para todos los colegios.

El siguiente gráfico muestra la tendencia en cada una de las preguntas:



El gráfico permite ver tendencia en cada institución. Independientemente del instituto, el promedio de aciertos y desaciertos tiende a mantenerse en las mismas preguntas. Si se considera que para aprobar en el sistema educativo, la nota deber ser igual o mayor a 70 %, las únicas dos preguntas que obtuvieron este nivel de aciertos, fueron la 1 y 3. Las demás, se encuentran se encuentran por debajo de este parámetro. La debilidad más extrema, se encuentra en el concepto abordado en la pregunta 16 donde todos los colegios sin excepción, reportaron un nivel de aciertos extremadamente bajo.

En la pregunta No. 4 se les preguntaba a los estudiantes por un ladrillo que se arrojaba y golpeaba una ventana, rompiendo el vidrio y cayendo en el piso de la habitación. Más de la mitad de los estudiantes respondió que la fuerza del ladrillo era mayor que la fuerza ejercida por el vidrio y tan solo un 11 % respondió correctamente (la fuerza ejercida por el ladrillo sobre el vidrio fue del mismo tamaño que la fuerza ejercida por el vidrio sobre el ladrillo). Esto muestra una idea previa que es muy común y está muy afianzada en los estudiantes, que es asociar el grado de fuerza al tipo de material. Esto significa que no tienen claridad en el concepto de fuerza ni de lo que implica cuando se trata de explicar la interacción entre dos cuerpos.



*Figura 2: Resultado en promedio de la pregunta No. 4 / Encuesta inicial -2015.
Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de las encuestas*

Pregunta 4	Total	Porcentaje
a	282	52 %
b	58	11 %
c	12	2 %
d	44	8 %
e	121	22 %
N. C.	24	4 %
Total	541	100 %

La pregunta 11 ejemplificaba un problema de una masa en un plano inclinado y se preguntaba por la fuerza de fricción. Se pretendía indagar si los estudiantes podían comparar una fuerza (un vector), con la componente de un vector. Las alternativas eran “a. Es mayor que el peso del bloque, b. Es igual al peso del bloque, c. Es mayor que la componente de la fuerza de gravedad hacia abajo del plano, d. Es menor que la componente de la fuerza de gravedad hacia abajo del plano, e. es igual a la componente de la fuerza de gravedad hacia abajo del plano”. En esta pregunta, la dispersión fue muy grande por lo que no hubo una tendencia marcada. Solo un 13 % en promedio la respondió correctamente.

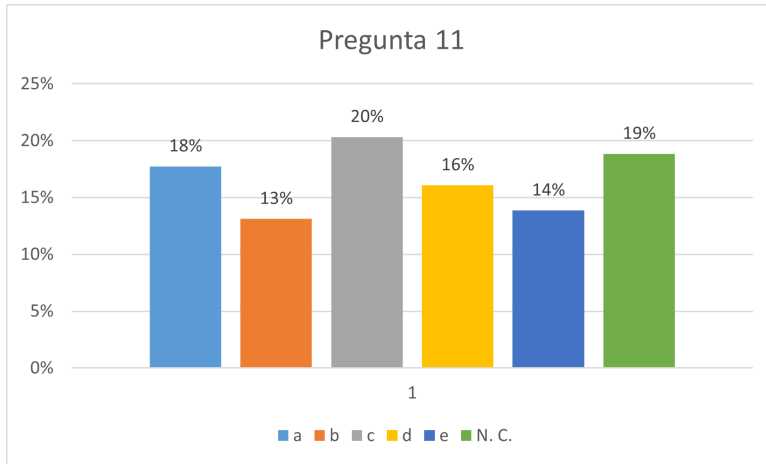


Figura 3: Resultado en promedio de la pregunta No. 11 / Encuesta inicial - 2015
Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de las encuestas

Pregunta 11	Total	Porcentaje
a	96	18 %
b	71	13 %
c	110	20 %
d	87	16 %
e	75	14 %
N. C.	102	19 %
Total	541	100 %

La pregunta 16 consistía en sumar cuatro fuerzas, todas ubicadas en cada uno de los ejes del plano cartesiano. Se pretendía saber si los estudiantes eran capaces de hacer una suma vectorial. En este caso, un 40 % de los estudiantes hizo la suma escalar y solo un 5 % hizo la suma vectorialmente.

Finalmente, la pregunta 19 era calcular la aceleración en una máquina de Atwood y también, hubo una dispersión muy grande en las respuestas, siendo la opción correcta, la alternativa menos escogida.

El promedio de aciertos en las encuestas aplicadas a los estudiantes en la ciudad de Tegucigalpa, fue del 34 %, esto significa que los estudiantes tienen debilidades conceptuales que se deben abordar desde la pedagogía de la física. Cabe destacar que todos los estudiantes encuestados, habían cursado la asignatura de Física durante un año y habían aprobado los dos semestres de Física del décimo grado. Lo anterior está en correspondencia en lo comprobado por el Doctor Joan Soler Ruiz en la Universidad de Barcelona, en 2015:

“Hay que suponer que determinados conceptos básicos de la física deberían estar adquiridos, teniendo en cuenta además que en cierto modo los alumnos han pasado los correspondientes filtros tanto de exámenes como de selectividad. Pues nada más lejos de la realidad. Hay algunos conceptos que no solo no han sido adquiridos con la solidez que sería deseable, sino que lo más grave es que algunos de ellos han sido adquiridos de forma totalmente errónea. El grave problema de todo ello es que, habiendo cursado la asignatura en el primer curso de la universidad, dichos conceptos erróneos persisten para muchos alumnos que han aprobado la misma. Esta afirmación no es en absoluto gratuita y se ha comprobado esta deficiencia en alumnos que están cursando Física II, habiendo superado la Física I. Es decir, tienen un grave problema metacognitivo” (M.G. Soler, F.A. Cárdenas, y F. Hernández-Pina (2018)).

Uno de los propósitos de esta investigación recabar datos de carácter local sobre los conocimientos que los estudiantes tenían en el tema de Leyes de Newton, puesto que en la bibliografía existen referencias de otros estudios, situados en otros países, pero no en Honduras. Los estudiantes del Distrito Central tienen deficiencias en la comprensión de las Leyes de Newton y hay algunas tendencias, con resultados especialmente bajos que valdría la pena revisar. Un dato importante que se reflejó al analizar los datos de estas encuestas, es que los estudiantes fallan en las mismas preguntas, no importa el colegio donde estén. Esto aporta información que podría ser útil para explicar por qué fallan donde lo hacen, qué está pasando con esos conceptos y cómo podrían abordarse para que haya una mejora.

2 | Segundo Ciclo de Investigación

En el segundo ciclo de investigación tomó en cuenta dos elementos. El primero, indagar qué sabían los docentes sobre el enfoque por competencias. Segundo, qué estrategias didácticas son características de una clase que sigue este enfoque. Para saber qué conocimientos tenían los docentes sobre el enfoque por competencias, se entrevistó a diez docentes del nivel medio con experiencia en la enseñanza de la física. Dentro de los principales hallazgos es que la mayoría define una competencia como “el resultado que se obtiene con los estudiantes después de enseñar un tema”, sobre la nueva malla curricular expresaron su preocupación respecto a la cantidad de temas en tan poco tiempo y todo ello aunado a una base conceptual deficiente con la cual los estudiantes vienen del tercer ciclo. Se refirieron a debilidades en el despeje de fórmulas, análisis dimensional y dificultad en la conversión de unidades. Sobre la implementación del enfoque por competencias, la valoración fue mayormente positiva, aunque reconocen que falta formación sobre el enfoque y sus implicaciones. Los docentes también aportaron información sobre las estrategias didácticas que favorecen el aprendizaje en los estudiantes refiriéndose al espacio físico y condiciones materiales apropiadas, la utilización de software y nuevas tecnologías y las prácticas experimentales. También, se entrevistó a 61 estudiantes para obtener información directamente de ellos sobre aquellos aspectos que les influían tanto positiva como negativamente al momento de aprender física. Mencionaron que el tener que aprender determinada cantidad de temas en períodos cortos de tiempo, les producía ansiedad. Se referían a los procedimientos matemáticos como algo que debían “memorizar” y a veces no lo lograban. Se refirieron a las dificultades en el uso de la calculadora, conversión de unidades, análisis de fórmulas e interpretación de gráficos. Dentro de los aspectos positivos reconocieron que imitar los ejercicios resueltos en clase, era de mucha ayuda, así como estudiar en grupos, con otros compañeros porque había “más confianza” de preguntar. También, valoraron como herramienta efectiva de aprendizaje el uso de software, los experimentos, los juegos didácticos y tener una buena relación con el docente.

En este ciclo de investigación y a partir de la información aportada por los docentes y estudiantes, se

construye un marco teórico que sustenta el diseño de una estrategia didáctica integral. Para Tobón (2010) una estrategia didáctica es “un conjunto de acciones que se proyectan y se ponen en marcha de forma ordenada para alcanzar un determinado propósito”. En el caso de esta investigación, la estrategia didáctica tuvo como propósito lograr que los estudiantes alcanzaran el desarrollo de la competencia comunicativa y cognoscitiva en el tema de leyes de Newton. La estrategia didáctica integral se basó en distintos elementos. En primera instancia, se consideraron los aportes de la neurociencia en los últimos años. Los libros “Neuromitos en educación, el aprendizaje desde la neurociencia” (Fóres (2015)) y “Neuroeducación en el aula, de la teoría a la práctica” (Guillén (2017)) pueden servir de referencia. Un segundo criterio para el diseño de la estrategia didáctica, fue considerar al lenguaje como determinante para la conformación del pensamiento científico. Lo anterior, a partir de las investigaciones realizadas principalmente por (Sutton (1997)), (Sutton (2003)), (Sanmartí (1996)), (N. Sanmartí, M. Izquierdo, y P. García (1999)), (Sanmartí (2007)), y en menor medida, (Bargalló (2005)) y (Díaz (2013)). Un tercer eje de la estrategia didáctica integral, fue hacer una caracterización del enfoque por competencias. Los estudios realizados por (Perrenoud (2001)) y la experiencia francesa sobre la implementación del enfoque resumida en el libro “Las competencias en educación: un balance” (M. Denyer, J. Furnémont, R. Poulain, y G. Vanloubbeeck (2016)) sirvieron de orientaciones para buscar técnicas y actividades pedagógicas que encajaran en lo que el enfoque requería. El aporte de Laura Frade, con su libro “Desarrollo de competencias en educación: desde el preescolar hasta el bachillerato” (Frade (2009)) fue importante dado la similitud de los contextos latinos.

Se procuró que toda la estrategia didáctica estuviese regida por un enfoque profundo de aprendizaje. Hasta finales de la década de los setentas, los modelos educativos que imperaban eran regidos por lo que se veía del comportamiento, pero se carecía de un sustento científico y basado en la fisiología cerebral. Los enfoques de aprendizaje, como apuntan (M.G. Soler y cols. (2018)) están influenciados por algunas características individuales de quien aprende, por la naturaleza de la tarea académica y por el contexto en que se da el proceso y son estos factores los que interactúan en el sistema que define la ruta de aprendizaje elegida por los estudiantes. Biggs (M.G. Soler y cols. (2018)) expresa que el significado de un enfoque, no se transmite mediante la enseñanza directa, sino que se crea mediante las actividades de aprendizaje. De esta manera, lo que un docente propone en el aula, es lo que define el enfoque que utiliza. En ese sentido, se hizo una revisión bibliográfica para identificar cuál era la mejor ruta para enseñar las leyes de Newton y se encontró que el existe poca documentación sobre los programas de física que se enseña en los colegios, lo que sí parece ser una norma, es que son los libros de texto, los que dictan la programación (F. Ostermann y M.A. Moreira (2000)). En este sentido, numerosas investigaciones cuestionan si el orden nominal de las leyes de Newton ayuda al estudiante a la comprensión de las mismas. Tal como afirman, (R. D. Delgado y D. Maringer-Durán (2021)), la mayoría de los libros de texto de física más empleados, la enseñanza de las leyes de Newton se aborda usando la misma secuencia en que él las desarrolló en su obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Se presentan y estudian por separado, sin comentar o analizar los vínculos entre ellas. Es muy común que se le dé preponderancia a la segunda ley, tratando con superficialidad la primera y la segunda, lo que deriva en confusiones y errores conceptuales para los estudiantes. Para efectos de esta investigación, se ha propuesto una secuencia didáctica, que no corresponde a ninguna línea específica de ningún libro. Si bien, los conceptos se han tomado de varios de éstos, su introducción y desarrollo se realizó de manera diferente, teniendo en cuenta, las ideas previas de los estudiantes.

Este artículo no tiene como propósito describir a detalle la estrategia didáctica integral, sin embargo, se dan a conocer los ejes fundamentales y sus principales sustentos teóricos, aunque toda ella fue enriquecida por lo aportado por otras autoras y autores, citados en la bibliografía completa.

3 | Tercer Ciclo de Investigación

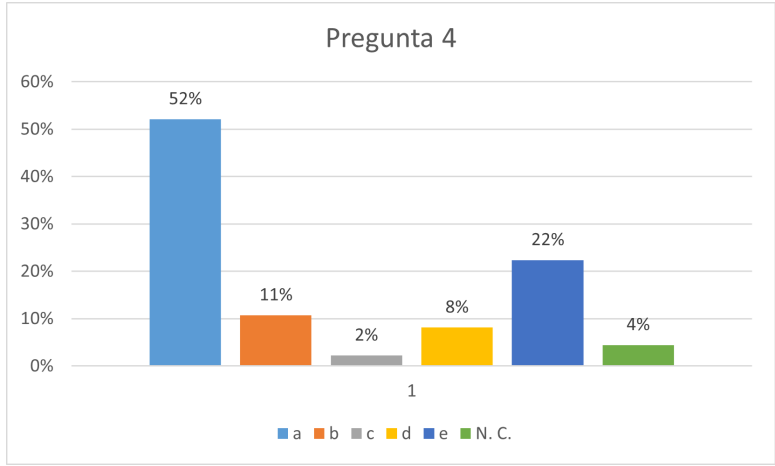
Una vez diseñada la estrategia didáctica integral, se puso a prueba con un grupo de 67 estudiantes de décimo grado del instituto Renacer, divididos en tres secciones. La secuencia didáctica se ejecutó en ocho sesiones de dos horas clase. Se incluyeron actividades que implicaban la comunicación escrita a través de palabras, dibujos, gráficas y también oral, mediante el uso de metáforas, símiles, análisis de fragmentos de películas. Se utilizaron simuladores, tablas predictivas y experimentos de cátedra. Al finalizar el proceso, se les aplicó una prueba a los estudiantes, para valorar el nivel de logro alcanzado. Los resultados mostraron un grado de avance en la competencia cognitiva y comunicativa. Esto se evidenció en el hecho de que en el instrumento final, en el apartado de análisis, los estudiantes fueron capaces de explicar acertadamente una misma pregunta, pero con distintos razonamientos. También, a partir de los resultados obtenidos, se puede ver que, en la categoría correspondiente a la identificación de pares de fuerzas de acción-reacción del instrumento final, el índice de aciertos fue del 86 % en promedio.

Esto quizá se explique a partir de lo expuesto por (R. D. Delgado y D. Maringer-Durán (2021)) quienes afirman que las tres leyes del movimiento de Newton tienen estrecha relación, por lo que no es adecuado presentarlas y estudiarlas por separado. También apuntan, que la tercera ley es un prerrequisito de la segunda, lo cual es sustentado por otros autores (Gómez (2011); Ciro (2014); Ruiz (2016)). Introducir la Tercera Ley de Newton al inicio, facilita la comprensión del concepto fuerza de una forma más general. Ellos recomiendan hacer énfasis en que la fuerza surge de la interacción de al menos dos cuerpos y que siempre aparece como un par de igual intensidad, igual dirección y sobre todo, que actúan sobre cuerpos distintos. Quizá, eso explique el alto nivel de aciertos que se tuvo en la parte relacionada con la identificación de pares de fuerzas.

En términos cualitativos, como consecuencia de cambiar el modelo pedagógico transmisivo por uno más activo, se produce una mejora en la calidad y cantidad de respuestas aportadas por los estudiantes. Ejemplo concreto de lo anterior es la comparativa entre dos preguntas que analizaban el mismo concepto, tanto en el instrumento inicial, como en el final. La pregunta No. 4 del instrumento inicial decía:

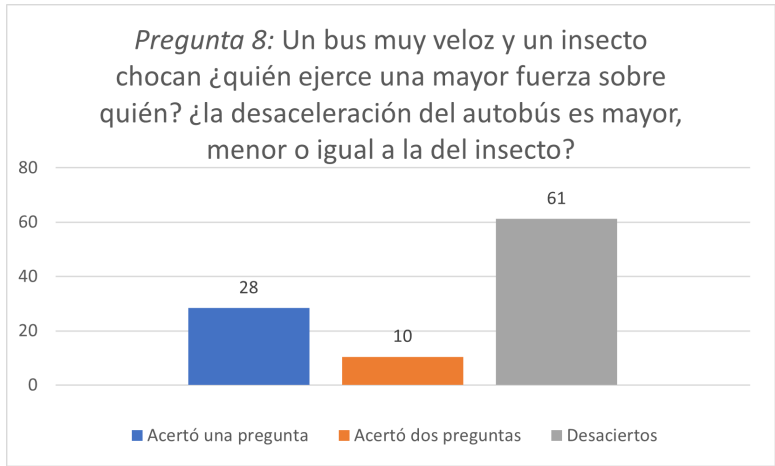
“Un ladrillo que ha sido arrojado golpea una ventana, rompe el vidrio y termina en el piso dentro de la habitación. Pese a que el ladrillo rompió el vidrio, sabemos que:

- a. La fuerza ejercida por el ladrillo sobre el vidrio fue mayor que la dureza ejercida por el vidrio sobre el ladrillo
- b. La fuerza ejercida por el ladrillo sobre el vidrio fue del mismo tamaño que la fuerza ejercida por el vidrio sobre el ladrillo
- c. La fuerza ejercida por el ladrillo sobre el vidrio fue menor que la fuerza ejercida por el vidrio sobre el ladrillo
- d. El ladrillo no disminuyó su velocidad al romper el vidrio
- e. Es imposible que el vidrio ejerza alguna fuerza sobre el ladrillo, ¡porque el vidrio está fijo!”



En este caso, el 52% de los estudiantes respondió la opción a y un 22% seleccionó la opción d.

La pregunta equivalente para este ítem en el instrumento final decía “Un autobús muy veloz y un inocente insecto chocan de frente. La fuerza del impacto aplasta al pobre insecto contra el parabrisas. ¿La fuerza correspondiente que ejerce el insecto sobre el parabrisas es mayor, menor o igual al que ejerce el parabrisas sobre él? ¿La desaceleración del autobús es mayor, menor o igual que la del insecto?”.



Aunque la mayoría de los estudiantes respondió de forma equivocada, vale la pena destacar un 28% de aciertos frente al 11% del instrumento inicial. También, el tipo de respuestas de los que respondieron acertadamente brinda más información sobre el nivel de comprensión alcanzado. Al plantearla como una pregunta de respuesta abierta, los estudiantes respondieron de formas diversas.

Las siguientes, son ejemplos de algunas de las respuestas correctas:

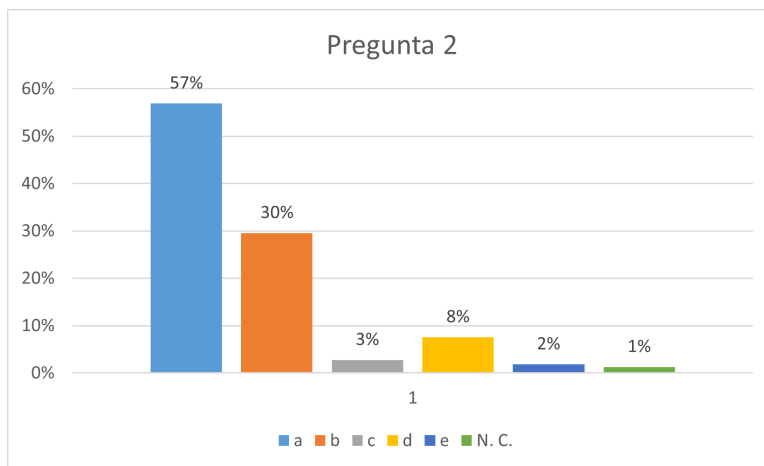
“La fuerza es igual, por la tercera ley de Newton que dice que a cada fuerza de acción corresponde una de reacción, igual y opuesta”; “La fuerza que ejerce el insecto y el parabrisas son iguales. La desaceleración del autobús es menor que la del insecto”; “La fuerza que ejerce el insecto al camión es la misma, pero la aceleración no”; “La fuerza que ejerce el insecto sobre el parabrisas es igual a la que ejerce el parabrisas sobre el insecto. La desaceleración del autobús es mucho menor a la del insecto”; “Es menor, el insecto está en un solo punto, la desaceleración del autobús es menor porque la velocidad que viene hace un impacto con el pobre insecto y eso hace que el insecto se aplaste y muera”.

Los estudiantes introducen el concepto de aceleración implícito en la tercera ley, las fuerzas son iguales, pero las aceleraciones no. Esto es muy importante, porque la comprensión de la tercera ley pasa por entender que los cambios se dan en la velocidad o se expresan también, en deformaciones o aumentos de temperatura.

Otro ejemplo comparativo, se da entre la pregunta 2 del instrumento inicial y la pregunta 6 del instrumento final, ambas relacionadas con la comprensión del concepto masa. En el caso de la pregunta No. 2 del instrumento inicial, esta era:

Una joven se sube a una balanza, y ésta marca un valor de 110 libras. La balanza calcula:

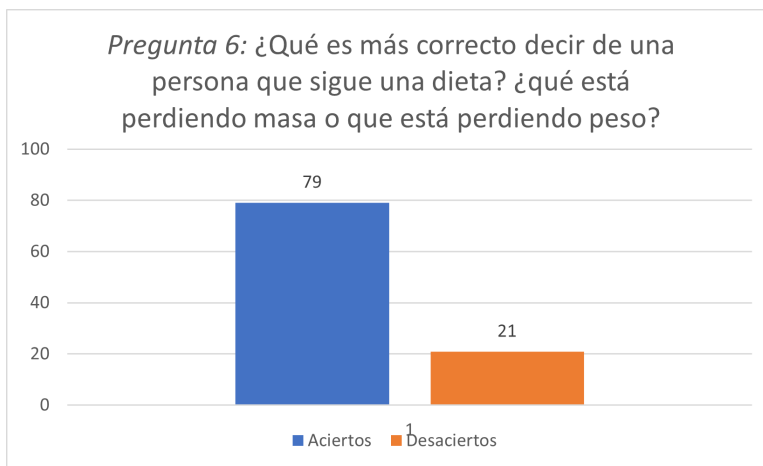
- El peso de la joven
- La masa de la joven
- La propiedad medida, dependerá del tipo de balanza
- La fuerza de reacción que la balanza ejerce sobre el objeto que soporta
- Ninguna de las opciones es correcta



Dentro de las programaciones curriculares, en el séptimo grado se deben enseñar las magnitudes fundamentales, unidades de medida e instrumentos de medición. En el laboratorio, con frecuencia se

utilizan las balanzas granatarias que reportan valores en gramos. Los gramos son una unidad de medida de la masa. Otra herramienta de trabajo que se introduce en algún momento del Tercer Ciclo Básico (séptimo, octavo o noveno) es la Tabla Periódica de los Elementos Químicos, en la cual, vienen distintos tipos de unidades, medidas y equivalencias que permiten a los estudiantes realizar conversiones. Una de las primeras conversiones y equivalencias que se enseñan en el nivel medio, es la que existe entre libras y kilogramos, ambas unidades de medida de la masa. Esta pregunta tiene como propósito mostrar cuál es la comprensión conceptual que tienen los estudiantes alrededor de las definiciones principales, en este caso, si asocian el instrumento de medida con la unidad de medición, para poder deducir la magnitud que se mide. En el lenguaje cotidiano, es común utilizar la palabra peso para describir la medida de una balanza. “Voy a subirme a la balanza para saber cuánto peso” es común o por ejemplo, decir “Péseme dos libras de queso por favor” y en las clases de ciencias, los docentes tienen que revertir y explicar la confusión que subyace detrás de esta afirmación y aclarar que peso y masa no son lo mismo. Que un 57% de los estudiantes haya seleccionado la opción a, es una muestra clara de este error conceptual, producto de una utilización incorrecta del lenguaje.

La pregunta equivalente en el instrumento final, era la No. 6 que preguntaba, lo siguiente: ¿Qué es más correcto decir de una persona que sigue una dieta, ¿qué está perdiendo masa o que está perdiendo peso?



Las respuestas fueron variadas, a continuación algunos ejemplos: “Que está perdiendo masa, porque está sacando materia de su interior”; “Sería más correcto decir que está perdiendo masa porque eso es lo que se acumula en nuestro cuerpo”; “Que está perdiendo masa, porque la masa es la materia que posee un cuerpo”; “Que está perdiendo masa, porque la masa es la materia de un objeto y el peso es la fuerza que actúa sobre él debido a la gravedad”; “Es más correcto decir que está perdiendo masa, ya que, si nos basamos en términos matemáticos, el peso es la aceleración que se ejerce sobre un cuerpo”; “Está perdiendo masa porque su peso puede variar dependiendo la gravedad del lugar donde se encuentre”; “Es más correcto expresar que está perdiendo masa porque, aunque no parezca y no lo creamos, al subirnos a una balanza esta expresa nuestra masa corporal y al estar a dieta disminuye nuestra masa”. Todas las respuestas anteriores muestran diferentes formas de ver un mismo problema. Algunos estudiantes usan la definición de masa y peso para argumentar la respuesta. Deja explícitamente manifiesto que la masa tiene que ver con cantidad de materia y el peso, es la fuerza sobre esa masa debida a la gravedad. En algunas respuestas, hacen alusión al carácter constante de la masa y el peso,

como un valor que dependerá del lugar donde se esté. Es una ventaja de las preguntas cuando desde la clase se les ha permitido usar el lenguaje para explicarse los fenómenos. Como lo afirma (Guillén (2017)) cuando los docentes priorizan las respuestas correctas y los planteamientos únicos, se amordaza el pensamiento creativo, por eso, las preguntas abiertas -cuando en la clase se han generado espacios de discusión- pueden ser una buena forma de evaluar el nivel de comprensión de los conceptos.

Tanto la encuesta inicial, como la prueba final, contenían preguntas que fueron agrupadas en tres categorías (comprensión conceptual, identificación de fuerzas, análisis matemático de la segunda ley). La siguiente tabla resume estas categorías y los resultados obtenido en cada uno de los instrumentos:

<i>Categoría</i>	<i>Instrumento inicial</i>		<i>Instrumento final</i>		<i>Diferencia</i>
	<i>Ítems</i>	<i>% aciertos</i>	<i>Ítems</i>	<i>% aciertos</i>	
Comprensión conceptual de las Leyes de Newton	1, 3, 4, 5, 6	50%	1,2,3,7.8 (Tipo análisis)	63	13
Pares de fuerzas: acción y reacción	2, 8, 9	35%	1, 2, 3, 4 (Identificación)	86	50
Análisis matemático de la segunda Ley	10, 11, 12, 19	29%	1, 2, 3 (Tipo práctico)	30	1
MEDIA GLOBAL		38%		60%	21%

Después implementar la estrategia didáctica integral, la prueba final mostró que los estudiantes tenían un nivel de aciertos bastante elevado en cuanto a identificar los pares de fuerza acción reacción y en preguntas que implicaban análisis cualitativo. No se obtuvieron los mismos resultados con los ejercicios que implicaban el uso de la segunda ley. Los estudiantes, pese a una intervención didáctica diferente, siguen teniendo problemas en la comprensión matemática de la segunda ley de Newton. El cambio en el orden de presentación de las leyes de Newton, resultó favorable y se puede inferir que facilitó la comprensión de las mismas.

Sobre el tipo de respuestas obtenidas en la prueba final puede afirmarse que fueron variadas y era fácil encontrar, distintos razonamientos para una misma situación. Aún en el caso de la tercera ley, donde se suponía que debían ir los mismos pares de fuerzas, se podían encontrar pequeños matices que denotaban una comprensión muy propia del fenómeno en cuestión.

Con las evidencias recabadas y a partir de los resultados de nuestra investigación, puede inferirse que hay elementos de carácter empírico, que reflejan una relación entre la estrategia didáctica y el nivel de competencia alcanzado por los estudiantes. Sin embargo, para medir el grado de influencia, se debe repetir el proceso con otras muestras, de tal manera que se pueda hacer una generalización.

Otro aspecto importante es que el desarrollo de una competencia, es transversal, y el despliegue de tareas debe producir una capacidad que será comprobable en el mediano y largo plazo, en una serie de escenarios diversos. Las ocho sesiones en las que se divide esta estrategia integral, apuntan en esa dirección, sin embargo, se requeriría una investigación de largo alcance para verificar el logro de las mismas.

(I. I. Casanova, L. Canquiz, Í. Paredes Chacín, y A. Inciarte González (2018)) afirman que una de las funciones más importantes de los docentes es la de asesorar y gestionar los entornos pedagógicos de tal manera que garanticen la creación de experiencias significativas de aprendizaje. En este sentido, la estrategia didáctica sí incluyó una diversidad de actividades que explicarían las respuestas amplias y variadas que se encontraron en los resultados. Esto sumado a lo expresado por (Guillén (2017)) quien afirma que los estudiantes suelen usar el mismo estilo explicativo que sus maestros y de aquí que, en la enseñanza, el método quizá sea más importante que el contenido. Según lo expresado por Sutton, los estudiantes no desarrollan este nivel de comunicación y expresión, en una clase de carácter transmisivo.

Lo anterior está en consonancia con lo propuesto por (Díaz (2013)) y (Guillén (2017)), que van en la línea de promover el pensamiento creativo y no valorar solo una única forma de pensar como correcta. Las actividades fueron diseñadas para que los estudiantes pudieran tener una cierta libertad, tal como lo sugiere (Frade (2009)), que “el mediador debe diseñar una cierta intervención para que el estudiante alcance lo que se espera de él. En base a lo anterior, y al ver los resultados, se puede confirmar que la permanente mejora, la actualización de los docentes y su interés en cuestionar su práctica pedagógica para cambiarla y mejorarla de forma gradual, sí incide positivamente en los estudiantes.

Aún falta mucho para lograr que la mayoría de estudiantes tengan solo resultados favorables, sin embargo, si se puede afirmar que al enriquecer la clase transmisiva y darle espacio a los estudiantes para que comuniquen, analicen, compartan, dibujen entre otras actividades, se produce una mejora positiva en los aprendizajes. Uno de los desafíos más grandes que tuvo esta investigación, era demostrar cómo desarrollar una competencia. Tal y como lo afirma (M. Denyer y cols. (2016)) el desarrollo de una competencia es un proceso de mediano y largo plazo que implica integración y la repetición de escenarios que obliguen al estudiante a hacer una construcción en espiral sobre la base de la acción, por lo que el despliegue completo de competencias en la temática de las leyes de Newton requeriría sin duda, más tiempo y un proceso más complejo que estaría integrado por otros componentes. A partir de las referencias bibliográficas consultadas, plantear una competencia supone delimitar los niveles de dominio, pues se parte del hecho de que la adquisición de un conocimiento es un proceso gradual y acumulativo. Las competencias declaradas en la malla curricular del BTP son de carácter demasiado general y se requieren, competencias intermedias y de inicio, que orienten al docente sobre lo que se va requiriendo del estudiante de manera paulatina, y no solo como un producto acabado. Como afirman (M. Denyer y cols. (2016)) “a pesar de todo, si ese nuevo paradigma pedagógico puede parecer prometedor, la precipitación de su aplicación, la falta de fundamento conceptual y de apoyo pedagógico, junto con la falta de preparación de los docentes, pronto disiparon toda ilusión sobre su éxito inmediato e incondicional”. Más allá de enseñar, ahora se trata de hacer aprender. Esto implicaría cambiar el foco de la clase, más que en el discurso docente y la transmisión de la materia, implicaría un enfoque basado en el desarrollo de capacidades en los estudiantes. ¿Puede lograrse esto en las grandes clases grupales de estilo transmisivo? Queda la pregunta abierta para futuras investigaciones.

III | CONCLUSIONES

A partir de la encuesta inicial se comprobó que los alumnos tienen algunas ideas previas correctas que pueden servir de andamiaje para explicar los conceptos físicos relacionados en clases formales posteriores. La pregunta específica sobre el campo de estudio de las leyes de Newton, obtuvo un 79% de aciertos. Otra de las puntuaciones más altas se obtuvo en la pregunta relacionada con la experiencia cotidiana, cuya idea fundamental era “¿hacia dónde te moverías en un auto que está detenido y de

repente arranca?”. El 88 % de los estudiantes respondió correctamente. Pareciera también que los estudiantes reconocen que la fuerza normal es una fuerza de contacto y son capaces de identificarla en una imagen. Casi el 60 % respondió correctamente a esta pregunta.

En la encuesta inicial, partiendo del dominio cognitivo en cuanto a los saberes sobre leyes de Newton, solo un 34 % de las preguntas se respondieron correctamente, por lo que el nivel de dominio académico en esta temática es muy bajo. Con respecto a la competencia declarada en la malla curricular del Bachillerato Técnico Profesional, que dice que los estudiantes serán competentes para “resolver problemas teóricos y experimentales hasta el nivel de aplicación, usando las leyes de Newton en combinación con las ecuaciones de cinemática. . .” se comprobó que la mayoría de los estudiantes no la tienen.

La encuesta inicial demostró que no importa la institución -pública o privada-, los estudiantes tienden a fallar en las mismas preguntas, por lo que hay una tendencia claramente expresada. Estos errores se dan en la interpretación en fenómenos cotidianos de la ley de acción-reacción (11 % de aciertos), en la poca comprensión de la primera ley (14 % de aciertos), en la forma de sumar las fuerzas en un plano (4 % de aciertos), en la falta de comprensión de lo que implica la fuerza neta (12 % de aciertos) y el desconocimiento del tratamiento matemático en un plano inclinado (13 % de aciertos).

La estrategia didáctica integral empleada en este estudio, basada en el enfoque por competencias, produjo mejoras en la competencia conceptual de aspectos relacionados con las leyes de Newton. Como efecto de una estrategia didáctica enriquecida que valora el análisis cualitativo e inferencial (Vygotsky, Bruner, Sanmartí, Sutton, entre otros) se encontró que el uso de videos, simuladores, fragmentos de películas, experimentos de cátedra, y sobre todo, el darle mucha importancia a la comunicación (oral, escrita, mediante palabras, dibujos, esquemas) logró mejorar en un 27 % la comprensión del concepto de la tercera y la interpretación de las fuerzas de acción-reacción en relación a la encuesta inicial. Asimismo, la comprensión de la diferencia entre peso y masa se enriqueció en un 52 %. Concluimos que estas mejoras particulares se deben a la estrategia didáctica empleada, que se centra en el cambio conceptual del estudiante más allá de la trasmisión de contenidos.

El papel del lenguaje en la construcción del razonamiento físico implicado en las Leyes de Newton fue determinante para evaluar la comprensión de las mismas. El uso del análisis escrito y verbal en todos los ejercicios (numéricos o cualitativos) arrojó mucha información sobre cómo los estudiantes están analizando el fenómeno y si en realidad hay una buena comprensión del mismo. Este ejercicio de comunicación verbal y escrita, la valoración de las preguntas conceptuales y el permanente y reiterativo uso del dibujo (y la escritura sobre el dibujo) como una forma de ver lo que el estudiante está pensando, son tareas características de esta estrategia didáctica. En consecuencia, fue posible identificar distintas “zonas” dentro de la variedad de respuestas de los estudiantes, al evidenciarse que los estudiantes pueden analizar un ejemplo de varias maneras. Esto supone una mejoría con respecto a las preguntas cerradas en la estrategia tradicional, que suele dar más énfasis a cálculos aritméticos o algebraicos, donde es difícil saber por qué el estudiante responde como lo hace.

La estrategia didáctica integral empleada en este estudio obtuvo una mejora en la competencia comunicativa de los estudiantes. Incluso, algunas de las respuestas evidencian capacidad metacognitiva. No solo se responde a la pregunta, sino que se va más allá de la misma al hacer una valoración sobre si es posible hacer determinada tarea o no, una de las competencias meta de todo proceso educativo.

La falta de conocimientos en cuanto a la parte matemática requerida para la comprensión de la segunda

Ley de Newton fue una debilidad porque, aunque hubo una mejora después de la estrategia, esta fue pequeña en relación a los resultados de la encuesta inicial. Para tener resultados favorables en cuanto a la resolución de problemas que implican la segunda ley de Newton, el estudiante debe tener conocimientos sobre despejes de fórmulas y vectores. De igual manera, es imprescindible que los estudiantes reconozcan la aceleración como el cambio de la velocidad en un intervalo dado de tiempo.

Aún hay ideas previas que están muy afianzadas en los estudiantes y que tanto en la encuesta inicial, como en el instrumento final, los resultados siguen siendo muy bajos: la interpretación de las unidades de medida de la fuerza, el cálculo de la fuerza neta y las variables implicadas (masa, aceleración) de la segunda ley, la dirección de las fuerzas (como la gravedad por ejemplo), lo cual refleja una necesidad de abordar y profundizar estos temas, tanto para entender las causas como para idear estrategias que permitan estudiarlos para poder fortalecerlos, desde la investigación local y basada en los contextos reales de nuestro país.

I REFERENCIAS

- Bargalló, C. M. (2005). Aprender ciencias a través del lenguaje. *Educar*, 27-38.
- Carbonell, J. H. (2009). *Don finkel dar clase con la boca cerrada*. e-publica Revista electrónica sobre la enseñanza de la economía pública. Descargado de <http://e-publica.unizar.es/wp-content/uploads/2015/09/64RUIZ.pdf>
- Ciro, M. M. (2014). *La evaluación como estrategia metodológica para el desarrollo de habilidades de pensamiento: estudio de casos para el tema de la segunda ley de newton. (tesis de maestría)*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Descargado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/21670>
- Díaz, M. M. (2013). Hablar ciencias: si no lo puedo explicar, no lo entiendo. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de la ciencia*, 291-306.
- F. Ostermann, y M.A. Moreira. (2000). Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. *Enseñanza de las ciencias*, 391-404.
- Frade, L. (2009). *Desarrollo de competencias en educación: desde el preescolar hasta el bachillerato*. México, Distrito Federal: Laura Gloria Frade Rubio.
- Fóres, J. A. (2015). *Neuromitos en educación*. Barcelona: Plataforma Editorial.
- Guillén, J. C. (2017). *Neuroeducación en el aula, de la teoría a la práctica*. España: Amazon.
- Gómez, A. L. B. (2011). Un modelo de enseñanza neuropedagógico de las leyes de newton para la netgen. *Latin American Journal of Physics Education*, 526-536.
- I. I. Casanova, L. Canquiz, Í. Paredes Chacín, y A. Inciarte González. (2018). Visión general del enfoque por competencias en latinoamérica. *Revista de Ciencias Sociales*, 114-125.
- Latorre, A. (2005). *La investigación-acción conocer y cambiar la práctica educativa*. España: GRAO.
- Limas, V. S. (2012). *Diseño curricular a partir de competencias*. Bogotá: Ediciones de la U.
- M. Denyer, J. Furnémont, R. Poulain, y G. Vanloubbeeck. (2016). *Las competencias en educación: un balance*. México: Fondo de cultura económica.
- M. Gómez Moliné, y N. Sanmartí. (1999). *Reflexiones sobre el lenguaje de la ciencia y el aprendizaje*. Descargado de https://www.researchgate.net/publication/327407936_Reflexiones_sobre_el_lenguaje_de_la_ciencia_y_el_aprendizaje
- Medina, Y. M. (2012). *La segunda ley de newton: propuesta didáctica para estudiantes del grado décimo de educación media de la escuela normal superior de neiva. (tesis de maestría)*. Universidad Nacional de Colombia. Descargado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/10185>
- Menéndez, V. (2018). *Mejorando la enseñanza de la física: los aportes históricos y epistemológicos* (Vol. 2da. Edición ed.). Buenos Aires, Argentina: Autores de argentina.
- M.G. Soler, F.A. Cárdenas, y F. Hernández-Pina. (2018). *Enfoques de enseñanza y enfoques de aprendizaje: perspectivas teóricas promisorias para el desarrollo de investigaciones en educación en ciencias*. Scielo, Brasil. Descargado de <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/Zm7XtHNT8nyGGQZrZdyQ6JK/?lang=es&format=pdf>

- N. Sanmartí, M. Izquierdo, y P. García. (1999). Hablar y escribir: una condición necesaria para aprender ciencias. *Cuadernos de pedagogía*, 54-58.
- Perrenoud, P. (2001). *Desarrollar la práctica reflexiva en el oficio de enseñar*. Paris: GRAO, de IRIF, S.L.
- R. D. Delgado, y D. Maringer-Durán. (2021). La enseñanza del concepto de fuerza: algunas reflexiones. *Latin American Journal of Science Education*, 1-17.
- Rubio, L. (2009). *Desarrollo de competencias en educación: desde preescolar hasta bachillerato*. México D. F. : Laura Gloria Frade Rubio.
- Ruiz, J. (2016). *Detección y corrección de ideas previas erróneas en la praxis docente de la física con apoyo de las tic. (tesis doctoral)*. Universidad Politécnica de Catalunya Barcelona Tech, Barcelona. Descargado de <https://1library.co/document/ydem8p6q-deteccion-correccion-ideas-previas-erroneas-praxis-docente-fisica.html>
- Sanmartí, N. (1996). Para aprender ciencias hace falta aprender a hablar sobre las experiencias y sobre las ideas. *Textos de didáctica de la lengua y de la literatura*, 27-39.
- Sanmartí, N. (2007). Hablar, leer y escribir para aprender ciencia. *La competencia en comunicación lingüística en las áreas del currículo*, 1-21.
- Sutton, C. (1997). Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 8-32.
- Sutton, C. (2003). Los profesores de ciencia como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 21-25.
- T. Carbonell, J. Blasco, G. Viscor, A. Gallardo, N., A. Ibarz, y J. Fernández. (2010). Aplicación de metodologías activas para conseguir un aprendizaje profundo. , 165-178.