

TRABAJOS PRACTICOS DE FISICA Y SU INFLUENCIA EN EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS CIENTIFICAS EN ESTUDIANTES DE INGENIERIA

Edith Herrera San Martín - Universidad del Bio Bio - eherrera@ubiobio.cl

Ivan sanchez Soto - Universidad del Bio Bio - isanchez@ubiobio.cl

RESUMEN

La investigación estudia el impacto que genera un cambio metodológico por indagación y modelización en la adquisición de la competencia científica, en el razonamiento científico y en el rendimiento académico en estudiantes de Ingeniería Civil en el laboratorio de Física general. El diseño aplicado es cuasi-experimental con pre y pos test con dos grupos de estudio. Para ello, se realizó la construcción y validación de las guías de laboratorio por indagación, se aplicó la metodología activa en el laboratorio de física en el primer semestre, se validaron los instrumentos de coevaluación y autoevaluación. Los resultados indican un mejoramiento en nivel de logro en el grupo experimental en la competencia científica y en el rendimiento académico, sin embargo, el razonamiento científico no evidencia incremento estadísticamente significativo. De acuerdo a la percepción de los estudiantes del grupo experimental las dificultades se refieren a: construir preguntas, identificar variables, formular hipótesis respecto a la problemática del laboratorio, valoran con este cambio el trabajo colaborativo grupal y en la evaluación. Las implicancias están dadas en la optimización del proceso formativo en Ciencias Básicas en carreras de ingeniería.

PALABRAS CLAVES: Educación en Ingeniería, indagación, modelización, competencia científica, razonamiento científico.

INTRODUCCIÓN

Las prácticas de laboratorio han sido concebidas como ambientes académicos en los que se consolidan diversos aprendizajes; sin embargo, la mayoría de estas se orientan al desarrollo de actividades que, en palabras de Cardona (2013), Hofstein y Lunetta (2004) tienden a ser una “receta” que el estudiante debe seguir; por lo que las prácticas no necesariamente demandan al estudiante un análisis metacognitivo de lo que aprende, ni implican crear nuevos conocimientos implicando habilidades cognitivas de nivel de logro superior (Anderson et al, 2001), lo que se evidencia en la literatura revisada en escasas propuestas constructivistas para trabajos prácticos de laboratorio.

Por otro lado, el proceso formativo de los estudiantes de ingeniería, basado en el modelo por competencias señala que estos han de desarrollar diversas habilidades y competencias profesionales para adaptarse exitosamente a los cambios que están ocurriendo en el mundo globalizado (resolución de problemas, toma de decisiones, Comunicación, colaboración, creatividad, innovación, pensamiento crítico).

Considerando estos desafíos nuestra investigación enmarcada en el proyecto el Fondecyt regular N°1181525 (2018-2020) aborda y plantea cómo transformar las prácticas de laboratorio tradicional en prácticas que demandan conocimientos de física y procesos cognitivos de nivel superior en el proceso de desarrollo de la competencia científica. Para ello, proponemos prácticas de laboratorio

constructivas con la metodología de indagación y modelización (Windschitl, Thompson y Braaten, 2008), las cuales se inician con problemas contextualizados a su carrera (Ausubel, 2002) que buscan que los estudiantes mediante un trabajo grupal colaborativo puedan elaborar preguntas, investigar sobre los conceptos involucrados en el problema, identificar variables, generar probables hipótesis, elaborar diseño de pruebas, recolectar y organizar datos y finalmente elaborar conclusiones argumentadas basadas en datos teóricos y empíricos. Estas conclusiones deben evidenciar una evaluación crítica de los resultados en la que se muestre la integración entre los conocimientos previos, los nuevos conocimientos construidos a partir de la experimentación y los argumentos teóricos (conceptos, principios, leyes) que sustentan los resultados obtenidos.

El cambio que proponemos en los trabajos prácticos de física está orientado a desarrollar en los estudiantes sus capacidades para formular preguntas relevantes, sistematizar información y analizar datos empíricos con teóricos. Esta transformación en el laboratorio de física general propone mejorar la experiencia de aprendizaje práctico, si se tiene en cuenta factores como trabajo colaborativo, motivación para involucrarse en los problemas planteados y uso de las TIC en el laboratorio. Además, el proceso conlleva al desarrollo de competencias científicas o investigativas para transferencia y producción de nuevos conocimientos de física en el contexto de su carrera.

El cambio metodológico que hemos implementado con el uso del diagrama Uve de Gowin en los trabajos prácticos de laboratorio de física proporciona un andamiaje para el desarrollo del razonamiento científico y de la competencia científica en los estudiantes. Por ello, estudiamos el desarrollo de la competencia científica estructurada sobre la base de tres sub competencias (OCDE, 2016): Identificación de cuestiones científicas, explicación científica de las situaciones, uso de pruebas relevantes, actitud en trabajo colaborativo. Estas se evaluaron en los TPL en niveles de logro y según indicadores de desempeño en cada dimensión.

Por su parte, el razonamiento científico lo hemos reconocido antes y después en el grupo experimental estudiantes y en el grupo control mediante la prueba de Lawson categorizándolos en niveles (Ates y Cataloglu, 2007) en relación con los estadios cognitivos dados por Piaget (1973) en i) Empírico –Inductivo (Concreto); ii) transición (Intermedio); iii) Hipotético-Deductivo (Formal). Según Mayer (2002) este razonamiento es una evaluación que el alumno realiza sistemáticamente sobre una hipótesis, que le permite la resolución y planteamientos de problemas, pensamientos abstractos, comparar analogías, obtener proporciones, probabilidades, etc., que son herramientas científicas para una labor de desempeño.

Proponemos esta forma de trabajos prácticos de laboratorio como un espacio contextualizado y significativo para el aprendizaje de física con el propósito que los estudiantes desarrollen, más allá de los conceptos, habilidades cognitivas superiores y competencias científicas, además, integren en el desarrollo de los TPL actitudes como trabajo colaborativo y la evaluación como proceso de autorregulación del aprendizaje, metodología que es susceptible de ser adaptada para ampliar su uso en otras asignaturas.

METODOLOGÍA

La investigación responde a enfoque cuantitativo a través de un diseño cuasi-experimental de dos grupos independientes (Cohen y Manion, 1990), un Grupo experimental (GE) y un grupo control (GC) con pre y post-test en cada una de las variables de estudio: nivel de desempeño en la competencia científica, tipo de razonamiento científico de los estudiantes de física general I en la carrera de Ingeniería Civil, según la figura siguiente

Grupos	Asignación	Pretest	Tratamiento	Post test
Experimental	No azar	E. inicial Lawson Eval .inicial	Indagación	E. final Lawson Eval .final
Control	No azar	E. inicial (Lawson)	Tradicional	E. Final (Lawson)

Se ha considerado complementar este diseño con el uso de técnicas cualitativas para describir en forma integrada el nivel desarrollo de la competencia científica en el proceso de aprendizaje de los estudiantes a través de rúbricas de desempeño de la competencia científica con coevaluación y autoevaluación de los estudiantes.

La investigación la organizamos en tres fases:

Fase I: Diseño de las actividades de aprendizaje y evaluación con la propuesta innovación por indagación y su validación teórica por expertos.

Fase II: Aplicación de piloto de innovación con estudiantes de laboratorio de Física general I para su validación empírica en primer semestre año 2018.

FASE III: Aplicación de la propuesta de innovación para estudio de su eficacia en el desarrollo de competencia científica en estudiantes de Ingeniería civil laboratorio de Física general I en el segundo semestre 2018.

TRABAJOS PRÁCTICOS DE FÍSICA POR INDAGACIÓN Y MODELIZACIÓN

La metodología ha sido diseñada de forma que el estudiante sea reflexivo sobre el porqué de las actividades que realiza y tenga mayor conocimiento del proceso, del resultado y de su aplicación en contextos de ingeniería. Con ella se establece una enseñanza activa, autónoma y colaborativa aprovechando los recursos tecnológicos (Data Studio) y con conceptos de física general desarrollados en cada práctica de laboratorio en las dimensiones de la subcompetencia científica 1, 2 y 3 como muestra el ciclo de indagación de la figura 1.

Propuesta didáctica TP Laboratorio Física General

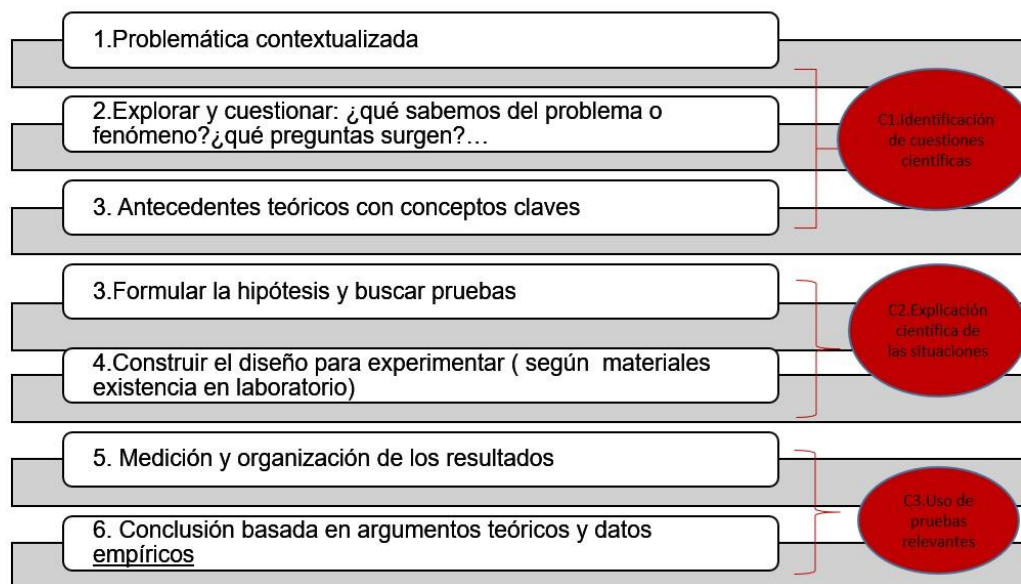


Figura1. Metodología activa por indagación y modelización en laboratorio física General (autores)

Los estudiantes tienen a su disposición desde el primer día de clase el compendio de guías de laboratorios disponibles para el desarrollo de curso. Cada guía de laboratorio práctica tiene un encabezado común con los objetivos conceptuales, procedimentales y actitudinales y se acompaña de la rúbrica de evaluación utilizada por el profesor y por el grupo en su autoevaluación. Durante el desarrollo del laboratorio se va completando el diagrama V de forma colaborativa.

ESTRATEGIA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Se estudiarán las relaciones entre el razonamiento en el estado inicial y final del curso de física general I y en la percepción del nivel de logro alcanzado en la competencia científica en la Carrera de Ingeniería Civil Para determinarlo se aplicará una evaluación inicial y final a todos participantes del estudio, con el objetivo de medir la variables descritas .Se espera encontrar diferencias estadísticamente significativas en las variables dependientes de razonamiento científico y competencia científica con el cambio metodológico.

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

1. Para medir el nivel de desempeño de la competencia científica se utilizó el diagrama de Gowin, completado a modo de informe en cada TPL para resolver una situación contextualizada. Este registro se evaluó según criterios específicos de corrección en los indicadores de desempeño descritos en una rúbrica de desempeño.
2. Para medir el razonamiento científico del estudiante se utilizó la prueba de Lawson la cual clasificó a los estudiantes del GE Y GC según el tipo de razonamiento en: Concreto, en transición y formal. Un estudiante está en el nivel más alto de la escala ordinal de razonamiento cuando consistentemente demuestra tener un razonamiento formal (Ates y Cataloglu, 2007).
3. Nivel de desarrollo de la competencia científica a través del uso de rubrica. Esta se mide en cada subcompetencia científica en dimensiones y de acuerdo a indicadores de desempeño. Esta rúbrica ha sido validada por jueces expertos y se muestra la figura 2.

Competencia Científica	Sub competencia	Dimensiones	Nivel logro (1,2,3)
	1. Identificación de cuestiones científicas	Formula preguntas	Indicadores
		interpreta fenómenos científicamente	Indicadores desempeño
	2. Explicación científica de las situaciones	Transfiere el conocimiento de la ciencia a una situación determinada	Indicadores desempeño
		Predice cambios e identifica las descripciones, explicaciones apropiadas en su diseño experimental	Indicadores desempeño
	3. Uso de pruebas relevantes	Analiza los datos recogidos y su congruencia con datos teóricos	Indicadores desempeño
		Comunica sus resultados con argumentos científicos	Indicadores desempeño

Figura 2. Modelo Rúbrica de evaluación de Competencia científica en TP física General (autores)

CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA

La muestra la componen 80 alumnos de primer año de Ingeniería Civil de la Universidad del Bío Bío, sede Concepción que participan de la asignatura Física I de carácter modular, específicamente el módulo I y II que agrupan los contenidos de Cinemática y Dinámica. Antes de comenzar la intervención, los profesores del laboratorio entregaron y retiraron el consentimiento informado de los estudiantes y al GE se explicó los objetivos de la renovación metodológica, así como, la forma de trabajo propuesta en el aula en un proceso de inducción

PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para establecer el nivel de significado se utilizan las siguientes pruebas y tratamientos estadísticos no paramétricos, con uso del programa estadístico SPSS, como son: Prueba de Mc-Nemar, útil para contrastar la significación de los cambios en un mismo grupo”, el método de Análisis Multivariado de correspondencia múltiple entre las variables en estudio.

RESULTADOS 1. Efecto de la metodología de Aprendizaje por indagación y modelización en TPL de física General en el razonamiento científico (RC)

Para determinar el estadio de **razonamiento científico** que poseían los alumnos y el efecto que tenían sobre estas habilidades a medir con la metodología por indagación se aplicó el Test de Lawson (1995). Los resultados obtenidos en GE Y GC se muestran figura 3

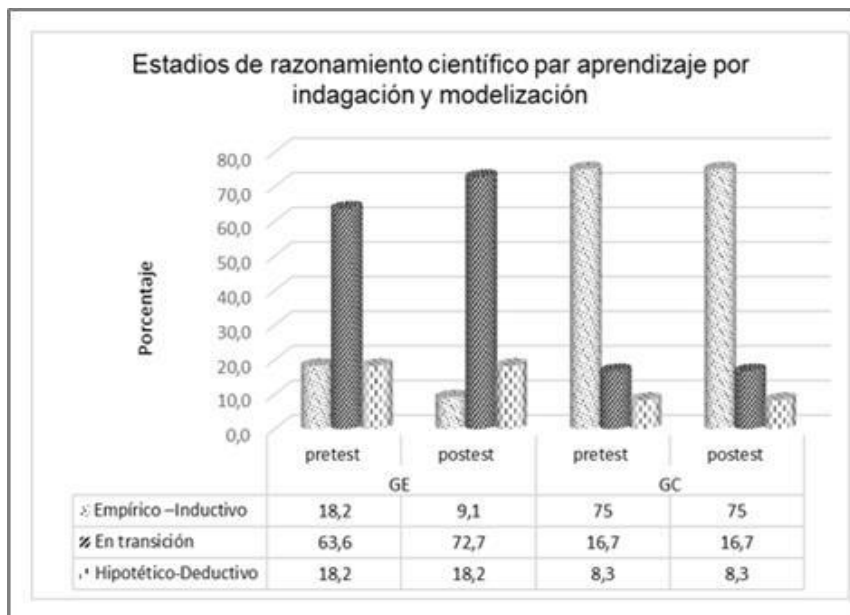


Figura 3. Estadios de razonamiento científico para Aprendizaje por indagación TPL física

Al analizar la figura N°3 los alumnos del GE al comienzo del tratamiento presentaron un 18,2 % en estadio de razonamiento empírico-deductivo, después de cuatro meses de intervención con la metodología activa, este porcentaje disminuyó a un 9,1 % lo que implica 9,1% (un alumno) dejó de estar en razonamiento empírico-deductivo, para pasar al estadio siguiente de transición por la metodología. A pesar que existe una disminución en el porcentaje de alumnos con razonamiento empírico-deductivo, estos cambios no son estadísticamente significativos según Test de McNemar (al 95% de significancia y estadístico $p=0,5171$). En cuanto al razonamiento en transición en el GE, existió diferencia en cuanto a la cantidad de alumnos que presentaban este razonamiento al inicio y al final de la investigación con un incremento de 9,1% (un alumno); aunque existe incremento en el porcentaje de alumnos en alcanzar este razonamiento, estos cambios no son estadísticamente significativos según Test de McNemar. En el estadio de razonamiento hipotético –deductivo no hay variaciones. En el GC el mayor porcentaje se ubicó en el estadio empírico-deductivo en 75% no se registró variación entre los distintos estadios de razonamiento científico antes y después de la medición.

Efecto de la metodología de Aprendizaje por indagación y modelización en TPL de física General en el rendimiento académico (RA)

El rendimiento académico de los alumnos del GE Y GC se agrupó según la escala de calificación (de 1 a 7) por su rendimiento académico en tres categorías: Muy bueno (6,0-7,0), Bueno (5,0-5,9), suficiente (4,9-4,0), insuficiente (menor 4,0). Se muestran los resultados en la figura 3 y 4.

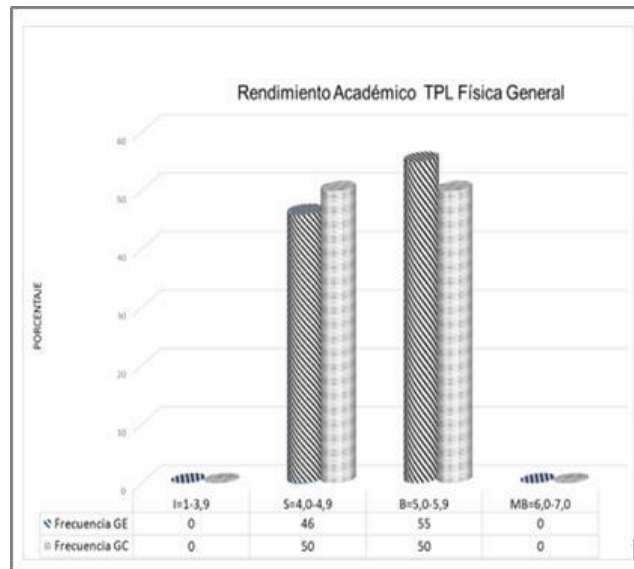


Figura 4. Rendimiento Académico del GE y GC en TPL de física

De la figura 4 se deduce que el mayor rendimiento en los TPL lo obtuvo el grupo experimental (GE) con 46% de los alumnos en nivel académico suficiente y 55% con rendimiento bueno, en el GE no hay alumnos reprobados, ni con nivel excelente. El grupo control no presenta alumnos reprobados ni excelentes y el 50% de los alumnos se encuentra con rendimiento suficiente y 50% con rendimiento bueno.

Efecto de la metodología de Aprendizaje por indagación y modelización en TPL de física General Nivel de logro en la competencia científica

Para determinar el nivel de desempeño en TPL de Física en la competencia científica al utilizar la indagación se construyó y validó con profesores expertos de física y profesores de laboratorio una rúbrica de evaluación con indicadores para cada dimensión de la sub competencias científica con tres niveles de logro (1= inadecuado, 2= adecuado, 3= destacado). Los resultados se muestran en el GE en la figura 5.

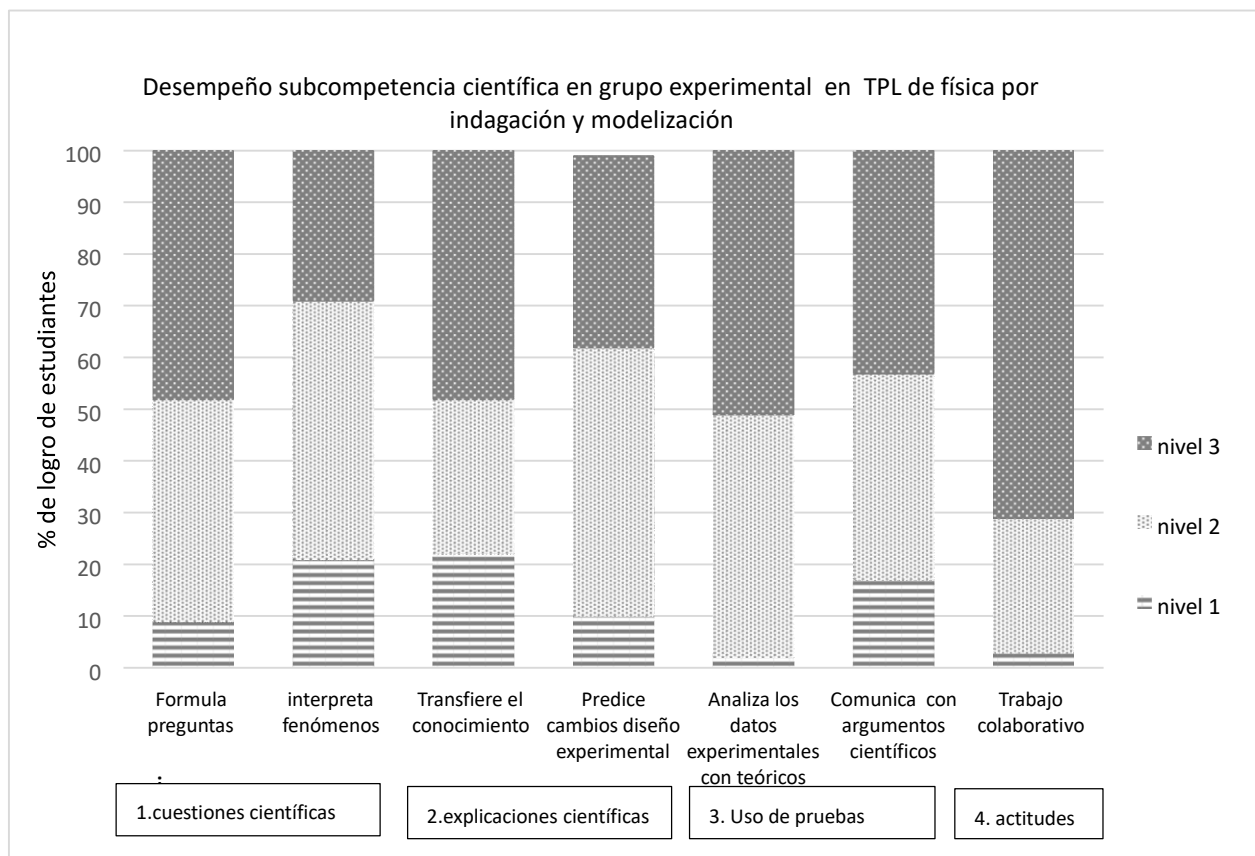


Figura 5. Desempeño en sub competencia científica en TPL de física general. Nivel1= inadecuado; nivel 2= adecuado; nivel3=destacado

Al analizar la figura N°5 el nivel de desempeño de los alumnos en el laboratorio de física en las sub competencia científica el mayor porcentaje se presenta en nivel 3 (29%-71%) y nivel 2 adecuado (entre 26%-52%) y en menor porcentaje el nivel 1(26% a 52%).

La sub competencia con menor nivel de logro en los TPL corresponde a identificación *de cuestiones científicas*, específicamente en el indicador de construcción de preguntas en la sub competencia de explicaciones científicas al interpretar fenómenos en el indicador *de formular hipótesis, a partir de la información disponible* y; en la sub competencia uso de pruebas en el indicador de *comunicar sus conclusiones* con argumentos científicos. La sub competencia con mayor nivel de logro corresponde uso de pruebas relevantes (> frecuencia en nivel 2 y nivel 3) en el indicador de *analizar datos experimentales con teóricos* que involucra: predecir cambios en el diseño experimental y analizar datos experimentales, así como una positiva actitud al trabajo colaborativo.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los trabajos prácticos de laboratorio de física (TPL) de enseñanza tradicional no favorecen el razonamiento científico ya que, los estudiantes reciben una guía que orienta paso a paso lo que deben hacer en el laboratorio y elaborar un informe con los resultados. Nuestra propuesta constructiva de las guías de TPL orienta a los alumnos a desarrollar la competencia científica porque posibilita formular preguntas relevantes, sistematizar información y analizar críticamente los resultados. Consideramos que esta forma de realizar los TPL puede cambiar la experiencia de aprendizaje del estudiante; al proponer en un contexto dado del laboratorio un espacio de discusión

y generación de aprendizajes significativos, si se tiene en cuenta factores como trabajo autónomo, en equipo colaborativo, motivación, autorregulación aprendizaje y uso de las TIC en el laboratorio. Dado que el razonamiento científico no se adquiere de manera espontánea es esencial trabajar metodologías de enseñanza activas que involucren a los estudiantes en los TPL con la guía del profesor. Esta experiencia implicó que alumnos con pensamiento empíricodeductivo al iniciar la intervención con indagación y modelización, evolucionaron hacia un razonamiento de transición, evidenciado un incremento de un 9,1% hacia el estadio de pensamiento en transición en el grupo experimental.

Los resultados del uso de esta metodología activa de indagación en TPL de física general indican la positiva influencia del cambio metodológico en el rendimiento académico del grupo experimental respecto al grupo control.

El trabajo en cada sesión de laboratorio evidenció las dificultades en el desarrollo de la competencia científica que presentaron los estudiantes sobre todo en la sub competencia científica de identificar cuestiones científicas, al formular preguntas e hipótesis que involucran relación de variables, así como también al comunicar una conclusión con argumentos científicos. Esto concuerda con Oliveras, Márquez y Sanmartí (2013), al señalar que los estudiantes tienen más dificultades en la formulación de una pregunta científica que en el diseño de un experimento para responderla y a menudo se proponen simples predicciones que no tienen el formato de una deducción y, en consecuencia, no orientan para que se pueda seleccionar la metodología más idónea para dar respuesta al problema que se investiga, ni en la identificación de variables que involucra el problema. A partir de los resultados obtenidos, convenimos que sería necesario implementar TPL con estrategias metodológicas constructivas que vayan mucho más allá de generar réplicas o simulaciones para transformarse y orientarse al desarrollo de competencias investigativas.

REFERENCIAS

- Anderson, L., Krathwohl, D., Airasian, P., Cruikshank, K., Mayer, R., Pintrich, P., Raths, J. y Wittrock, M. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives (complete edition)*. Nueva York: Longman.
- Ates, S., y Cataloglu, E. (2007). The effects of students' reasoning abilities on conceptual understandings and problem-solving skills in introductory mechanics. *European Journal of Physics*, 28(6), 1161
- Ausubel, D. P., y Barberán, S. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento una perspectiva cognitiva* (No. 370.15 A9)
- Cardona, F. (2013). Las prácticas de laboratorio como estrategia didáctica. *Universidad Del Valle Instituto De Educación Y Pedagogía Licenciatura Básica En Ciencias Naturales Con Énfasis En Medio Ambiente Santiago De Cali*.
- Cohen, L., y Manion, L. (1990). *Método de investigación educativa* (No. 37.012). La Muralla,
- Hofstein, A., y Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science education*, 88(1), 28-54.
- Mayer, R. E. (2002). *Psicología de la educación: el aprendizaje en las áreas de conocimiento* (Vol. 2). Pearson Educación.

Oliveras, B., Márquez, C., y Sanmartí, N. (2013). The Use of Newspaper Articles as a Tool to Develop Critical Thinking in Science Classes. *International Journal of Science Education*, 35(6), 885–905.

Piaget, J. (1973). *Psicología genética*. Buenos Aires: EMECÉ Editores.

Windschitl, M., Thompson, J., y Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science education*, 92(5), 941-967.