

PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE ASPECTOS ELEMENTALES DE LA FENOMENOLOGÍA FÍSICA NO LINEAL A TRAVÉS DEL PREGUNTEO

Héctor Velazco¹

hectorvlina@gmail.com

Luis A. González D.²

lagdelul@gmail.com

¹Centro Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de la Ciencia (CENAMEC)

²Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Venezuela.

Recibido: 02/05/2018 **Aceptado:** 11/10/2018

Resumen

El presente artículo pretende introducir el estudio de los aspectos elementales de la fenomenología física no lineal (FNL) en el programa de Física del Instituto Pedagógico de Caracas (IPC), valiéndonos de la técnica del pregunteo y la utilización del péndulo (sistema dinámico) para su implementación. Con ello pretendemos conformar una plataforma didáctica que permita el abordaje de la enseñanza del tema por parte de los futuros docentes de Física del IPC, permitiendo que la didáctica de temas elementales del campo pueda llegar a nivel de educación media venezolana. El beneficio que trae el introducir el estudio de la FNL en las aulas de clase de educación media, es propiciar en ellos la estimulación, activación y conocimiento de los efectos de dichos fenómenos, con lo cual es de gran utilidad contribuir a que se propicie también un aporte significativo al entendimiento de gran parte del comportamiento de la naturaleza, la cual se manifiestan de manera no lineal y con la física impartida tradicionalmente en las aulas de clase se deja totalmente de lado

Palabras Clave: enseñanza de la física, fenomenología no lineal, pregunteo.

DIDACTIC PROPOSAL FOR THE TEACHING OF ELEMENTAL ASPECTS OF THE NONLINEAR PHYSICAL PHENOMENOLOGY THROUGH THE QUESTIONING

Abstract

The aim is to introduce the study of basic aspects of nonlinear physics phenomenology (FNL) program in Physics Pedagogical Institute of Caracas (IPC), availing ourselves of questioning technique and the use of the pendulum (dynamic system) for implementation. Our aim is to form a teaching platform to the teaching approach of the FNL by future teachers of physics IPC, allowing the teaching of basic subjects of FNL can reach Venezuelan secondary level. The benefit that brings introduce the study of the FNL in the classrooms of secondary education is to encourage them stimulation, activation, and knowledge of the effects of such phenomena, which is useful also contribute to conducive a significant contribution to the understanding of much of the behavior of nature, which are manifested in a nonlinear fashion and the traditionally taught in the classroom is left entirely physical side. After various applications throughout the course, a significant change was observed in the way students approach the analysis of dynamic systems, particularly with regard to its linearity and complexity that it can entail.

Key words: teaching physics, nonlinear phenomenology, questioning.

Introducción

La Física posee una estructura conceptual compacta con su propio objeto de estudio en donde los aspectos teóricos describen, explican y predicen la fenomenología física conocida, por lo que didácticamente resulta imperativo desarrollar en forma armoniosa los elementos teóricos, experimentales y aplicados de ella en la solución de situaciones problema de la vida cotidiana (Fonseca, Hurtado, Lombana y Ocaña, 2003).

Esta disciplina, hasta aproximadamente 1900, poseía una linealidad¹ absoluta en sus métodos y resultados, más sin embargo, no siempre ésta daba explicación satisfactoria a los fenómenos de estudio. Por este motivo surge una nueva vertiente que consideraba la no linealidad de los sistemas físicos como objeto de estudio que conviene trabajar y desarrollar.

Por ejemplo, la no linealidad también está presente en la economía, particularmente en el estudio de ciertos fenómenos macroeconómicos o bursátiles que suben y al poco tiempo descienden dentro de la bolsa de valores. En la medicina también están presentes en el estudio de los retrovirus. Igualmente, se encuentran fenómenos no lineales en la meteorología, con los violentos cambios climáticos que han sido de gran interés en los últimos años. Tanto en la climatología como en la propia física. (Calabrese, 1999).

Es sabido que el estudio de la no linealidad surge del entendimiento de las limitaciones modelísticas de la física clásica al no tener contemplados en la misma, aspectos explicativos de algunos fenómenos que presentan dicho comportamiento. Aunque tanto los fenómenos lineales como los no lineales se basan en modelos deterministas, los segundos aplican un reduccionismo²⁴ no lineal, el cual vislumbra la no reversibilidad de los sistemas.

Tal cuestión se ilustra didácticamente tomando como sistema dinámico al péndulo. Según Calabrese (1999), hoy se sabe que el caso del péndulo, fuera de la aproximación lineal, es similar a muchos otros sistemas dinámicos a los cuales les son aplicables las teorías de la física determinista clásica. Obsérvese que en el caso del péndulo siguen siendo válidas las leyes de Newton, de manera que estamos dentro del mismo reduccionismo teórico imperante en los últimos tres siglos.

¹Sistema que puede ser reversible en el tiempo, reducible y puede ser explicado a partir de sus componentes, por lo tanto, puede ser predecible. (Maldonado, 2003)

²Enfoque filosófico para las ciencias según el cual la reducción es necesaria y suficiente para resolver diversos problemas de conocimiento (Calabrese, 1999).

Lo que ha cambiado, sin embargo, es el reduccionismo modelístico, o sea la forma de modelar el sistema para poder aplicar esas leyes y se ha encontrado que con modelos no lineales, las teorías deterministas del siglo diecisiete y dieciocho dan resultados sumamente interesantes y novedosos, entre los que cabe mencionar estructuras matemático - físicas universales en los sistemas dinámicos.

Es importante resaltar, como ha evolucionado la manera en que se abordan los contenidos de física dentro del aula en los cuales se introducen los fenómenos no lineales. Investigadores como Cárdenas y Rivera (2004) y Gutiérrez (2005) concluyen que es sumamente importante introducir tópicos relacionados con fenómenos no lineales dentro de las aulas de clase, debido a que los mismos tienen por objeto “*comprender la complejidad de la vida*” y dar otro punto de vista del comportamiento de la naturaleza sin apelar al reduccionismo que comúnmente está enclavado en la enseñanza de la física tradicional, el cual toma en cuenta la evolución temporal de los fenómenos (sistemas lineales) y la simplicidad de los eventos.

Otro factor que es importante reconocer y que pareciera apuntar en la misma dirección de la no linealidad, es el uso y alcance propio de la pregunta dentro del ámbito escolar, para lograr, por ejemplo, en un sentido didáctico-metodológico que los estudiantes planteen inquietudes y extrapolen conceptos y teorías conocidas con aquellas que desconocen.

Ideas al respecto ya han sido señaladas por Briscoe (1991) y Becerra (2010). De los estudios realizados por los autores antes mencionados se deduce que se podría mejorar aún más la praxis y los resultados de las prácticas docentes con esta importante técnica, mejorando la manera en que los docentes realizan las preguntas de manera socrática, dejando a un lado la forma punitiva de preguntar; cuestión ésta que en cierta forma es contraria a la labor del docente y pudiere ir incluso en contra del objetivo de contribuir a la formación del conocimiento de los estudiantes.

Cabe destacar que la primera forma de apoderarse del conocimiento en los seres humanos es curiosamente por medio de la pregunta y qué mejor manera de mostrar a los jóvenes la fenomenología no lineal dentro de las aulas de clase que por medio de preguntas que hagan que el estudiante se enfrente con sus propias creencias de qué son y cómo funcionan los sistemas dinámicos.

Un punto importante de mencionar es la manera en que se forman o producen las preguntas dentro de cada persona. Precisamente Sámano (2010), expresa que tanto los procesos de aprendizaje como de la formulación de la pregunta en un individuo son desarrollados mediante fenómenos no lineales, los cuales rompen con la visión tradicional del pensamiento lineal, en el que se da por supuesto que las mismas causas deben generar los mismos efectos; esto permite explicar la aparente aleatoriedad de los procesos de aprendizaje y la manera en que cada persona formula preguntas.

Desarrollo

La presente investigación se realizó con el propósito de diseñar una propuesta instruccional dirigida al estudiante de física del Instituto Pedagógico de Caracas (IPC) tomando en cuenta los recursos con los que se disponen en el laboratorio III y utilizando la técnica del pregunteo. Así, se construyó una plataforma didáctica que permite estrechar los lazos entre la formación de los futuros docentes del IPC y el estudio de la física en la educación media.

Lo anteriormente esbozado, contribuye a que esos futuros docentes egresados de esa casa de estudios puedan ser multiplicadores de las ideas de fenomenología física no lineal, transmitiéndoselas a los estudiantes de nivel medio, motivándolos a ahondar en la riqueza estructural que exhiben los sistemas dinámicos no lineales, así como en las numerosas situaciones donde están presentes.

Es conocido el hecho de que las escuelas y universidades han estado fuertemente influenciadas por los cambios que en los últimos años se han desencadenado en el ámbito científico y tecnológico a nivel mundial. Debido a que dichas instituciones han de ser espacios de socialización y formación de las nuevas generaciones, éstas deben mantenerse a la vanguardia en lo que respecta a estrategias que introduzcan temas y problemas que ayuden a resolver hechos de la realidad. (Cárdenas y Rivera 2004).

En este sentido, en estudios realizados por investigadores como Alemán y Pérez (2000) en los que introdujeron principios básicos de la dinámica de fenómenos no lineales a nivel de secundaria revelaron que es completamente factible la enseñanza de la dinámica no lineal a los alumnos de secundaria a pesar de su nivel básicamente cualitativo de la exposición y debates, sin disminuir en absoluto su rigor y el correcto tratamiento de los conceptos objeto de aprendizaje.

Por otra parte Hernández, Neipp y Meléndez (2003) y González y Pozo (2010) en investigaciones realizadas con estudiantes de pregrado, concluyen sobre la importancia de introducir experiencias tanto teóricas como de laboratorio donde estén presentes fenómenos no lineales para que el estudiante observe de primera mano los fenómenos y el mismo se motive a indagar aún más sobre los mismos.

En esta en esta última década, la enseñanza de la ciencia, en particular, la de la Física, ha venido en constante evolución, pues existen un sin número de factores que pueden afectar la comprensión de los temas de estudio ya sea por la complejidad de los mismos o por el nivel de abstracción necesario para el normal proceso educativo.

Entre estos factores se encuentra el uso de estrategias instruccionales por parte de los docentes, quienes muchas veces las utilizan sin una intencionalidad precisa o no le dan la importancia que amerita, pues consideran que para enseñar lo único que se necesita es el dominio del contenido programático (Becerra, 2011); esto trae como consecuencia que al impartir sus clases utilicen mayormente la técnica expositiva, la resolución de problemas, y el método deductivo, además de impartir dichos temas siguiendo una estructura de pensamiento lineal, el cual deja por sentado que la naturaleza actúa de esa misma manera, es decir, que con las mismas causas se obtendrán los mismos efectos (Sámano, 2010).

Esta forma de enseñanza no toma en cuenta la no linealidad de muchos fenómenos físicos de gran importancia en la vida cotidiana en los que no se cumple ese principio de causa - efecto de manera lineal. De este modo para abordar el tema de la no linealidad de los sistemas dinámicos puede utilizarse como recurso instruccional ejemplificativo, el péndulo, debido a lo accesible del mismo, tanto en su faceta teórica como experimental; además de ser una experiencia en la cual se visualiza de manera más sencilla la no linealidad entre las variables cuando el ángulo de oscilación aumenta por encima de un cierto valor crítico.

Por otra parte, se introdujo una estrategia instruccional basada en la técnica del pregunteo, ya que ésta permite diseñar bloques de preguntas estratificadas, según la dificultad que interese indagar al investigador en vinculación con las ideas acerca de cómo se manifiestan, comportan y transcurren fenómenos lineales y no lineales que se les enseña a los estudiantes del curso de laboratorio III de física del Instituto Pedagógico de Caracas (IPC). Pensamos que la relación entre los fenómenos lineales y no lineales podría abordarse de una

manera más didáctica, en el hecho de que el pregunteo regular y cotidiano constituye a su vez un efecto intelectual no lineal, entonces se podría conciliar un tratamiento no lineal.

De esa forma se podría activar mejor no sólo el estudio de los fenómenos no lineales, sino también el pregunteo no lineal y, por consiguiente, el pensamiento no lineal de los estudiantes y docentes, con lo cual se enriquecería el pensamiento reflexivo de ellos.

A primera vista pareciera que como entre preguntas y respuestas se “observa” una relación de continuidad lineal: “dada determinada pregunta se sigue una respuesta correspondiente”, en la práctica pareciera no haberla, por cuanto, cuando se les hace una misma pregunta a distintos estudiantes, si el conocimiento que tienen al respecto no es memorístico, ellos dan respuestas diferentes.

Además, de cómo y de dónde surge una pregunta, luego de formulada no hay manera de establecer una relación de causalidad entre el insumo que posiblemente la produce y la formulación que resulta. Incluso, además de la incertidumbre presente se siente aquí la presencia de cierta indeterminación similar al principio de indeterminación de Heisenberg, que no lleva a suponer que estamos ante la presencia de un comportamiento preguntativo indudablemente no lineal.

Nuestro problema de investigación consistió en hacer ver que así como en la naturaleza se aborda el estudio de los fenómenos lineales y no lineales, igualmente, en el intelecto se producen efectos lineales y no lineales, los cuales podrían ponerse en correspondencia mutua, inteligible y didáctica, en el sentido de intentar crear enfoques de tratamiento y estudio con preguntas lineales para los fenómenos no lineales.

El proceso metodológico, se planteó en tres (3) fases:

Fase I Documental:

En esta fase se precisaron a partir del análisis de las diversas fuentes bibliográficas sobre el pregunteo, los conceptos físicos relacionados con las fenomenologías lineal y no lineal de los sistemas dinámicos, además de conversaciones con docentes especialistas en metodología de la investigación y Física para incorporar las experiencias de los mismos al diseño de las estrategias.

Fase II Diseño:

Se procedió a diseñar bajo los criterios metodológicos e instruccionales más acordes al grupo de estudio todas las actividades que se aplicaron a lo largo de la investigación y posteriormente se ejecutaron dichas actividades instruccionales basadas en la técnica del pregunteo al curso de laboratorio III de física del IPC, para la introducción al estudio de los fenómenos no lineales.

Fase III Valoración del Aprendizaje:

En esta fase se afinaron los elementos que estructuraron la propuesta instruccional, a medida que se fueron aplicando las estrategias instruccionales en cada sesión de clase, se redireccionaron dichas estrategias para las sesiones posteriores. Otro aspecto importante para dicha valoración fue la aplicación de un test y post test los cuales contribuyeron a mejorar la aplicación de las estrategias de las sesiones siguientes.

Se diseñó un bloque de preguntas que permitió conectar las ideas de linealidad que poseían los estudiantes con las de no linealidad. Esto se realizó luego de una revisión por parte de los investigadores de los apuntes de clase y libros de texto utilizados en el IPC por los estudiantes de la especialidad de Física.

Dicho bloque de preguntas se construyó basándonos en la técnica del pregunteo, haciendo uso de los “Niveles de Pregunteo”, con la finalidad de indagar sobre los conocimientos que sobre la linealidad de los sistemas físicos, poseían los estudiantes. Se plantearon tres niveles de pregunteo. En la

Tabla 1 Esquema de los niveles de Pregunteo.

Nivel	Caracterización
1	Se indagó si los estudiantes conocen las características de un sistema físico lineal y puedan mencionar alguno, así como introducir algunos sistemas dinámicos conocidos por dichos estudiantes donde esté presente la no linealidad y ellos no lo sepan. Se plantean algunas características de dichos sistemas para que los estudiantes puedan contrastarlas con las de los sistemas dinámicos lineales.
2	Se plantearon modificaciones a los parámetros que caracterizan al péndulo (sistema dinámico) y se les preguntó a los estudiantes qué resultados esperarían de tales modificaciones, así como abordar aspectos propios de la no linealidad de los sistemas.
3	Se afinaron los elementos que estructuraron la propuesta instruccional, a medida que se fueron aplicando las estrategias instruccionales en cada sesión de clase, se redireccionaron dichas estrategias para las sesiones posteriores.

Fuente: Datos de la Investigación

El estudio se aplicó a un grupo de 8 estudiantes del curso de laboratorio III de física del Instituto Pedagógico de Caracas en distintas sesiones de clases. En distintas sesiones de clases, donde se fue ajustando la propuesta. Todo esto bajo los enfoques cualitativo. Por otra parte, el diseño del estudio se basó en la investigación pedagógica experimental.

La presente propuesta fue del tipo investigación-acción participativa, la cual pretende crear teoría educativa generada a través la práctica, tanto de los docentes como de los estudiantes. El diseño de esta investigación fue un estudio de caso, pues las variables abordadas fueron medidas de manera cualitativa en un mismo grupo no existiendo grupo control para el establecimiento de comparaciones.

En la investigación se utilizaron varias técnicas de recolección de datos, las cuales consistieron en la descripción de los procesos de aprendizaje dentro del aula, mediante la observación, la entrevista y la encuesta. Se contrastaron los conocimientos previos de los estudiantes al principio de cada sesión con los obtenidos al finalizar las mismas, así como la opinión de los expertos y se determinó si hubo o no aprendizaje en tanto los resultados coinciden con el conocimiento aceptado por la comunidad científica. Esto se determinó mediante la constatación entre lo que manifestaron los estudiantes a lo largo de cada sesión de actividades.

En la medida en que fueron acercándose las opiniones y conceptos de los estudiantes del curso a los aceptados ampliamente, se podría inferir que si se extienden las sesiones se podrán profundizar o recalcar puntos clave de los temas relacionados.

Conclusiones y recomendaciones

Luego de las distintas aplicaciones a lo largo del curso se observó un cambio significativo en la manera en que los estudiantes abordan el análisis de los sistemas dinámicos, particularmente en lo concerniente a su linealidad y la complejidad que ésta pueda conllevar.

El uso instruccional de la pregunta basándonos en la interacción con los fenómenos, permitió abordar un mismo tópico desde distintas aristas, para así constatar si en realidad los estudiantes adquirieron los conocimientos básicos sobre el tema de estudio o por el contrario no les había quedado claro el tema relacionado con la fenomenología no lineal.

Cabe destacar. que al revisar las respuestas dadas por los estudiantes a lo largo de los tres momentos en el mismo curso, existía poca empatía la manera en que tradicionalmente se

enfocaban los temas, al interactuar con nuevas situaciones que se les planteaban, e ir estableciendo los puentes cognitivos entre lo “conocido” y los nuevos análisis de situaciones basados en la teoría básica de los sistemas no lineales, fueron cambiando enormemente la manera de analizar y explicar dichos fenómenos; empezaron a familiarizarse con los términos y relaciones entre la nueva corriente de estudio y los hechos cotidianos del ser humano.

Dichos puentes cognitivos fueron establecidos gracias a la interacción con los fenómenos, debido a que la misma permite estimular la curiosidad de los estudiantes en los distintos puntos de interés que el cual el docente desea hacer énfasis. Consiguiendo así que los estudiantes logren fijar mejor el conocimiento por medio de la reflexión y el análisis

En virtud de lo antes expuesto se hace una serie de recomendaciones, las cuales pueden ayudar al docente a mejorar la calidad educativa:

- Revisar a detalle el nivel de conocimiento que traen los estudiantes al iniciar cada año escolar para redireccionar los aprendizajes y sopesar las fallas presentes, a fin de elevar la competitividad de cada uno de ellos.
- Introducir a nivel de laboratorio el estudio de propagación de errores de medición, pues es importante al momento de analizar los resultados experimentales.
- Diseñar encuentros entre docentes y luego entre docentes y estudiantes, a fin de introducir tópicos de la fenomenología no lineal con ayuda del péndulo dentro de la cultura general de los estudiantes de Física del IPC.
- Crear, organizar y aplicar estrategias didácticas y pedagógicas que se enfoquen en el desarrollo del potencial creativo de los estudiantes.
- Promover actividades en las cuales los estudiantes se vean identificados y se sientan a gusto.
- Utilizar diversos medios y recursos para desarrollar la creatividad en los estudiantes.
- Permitir la participación activa de los estudiantes en la formación de su propio aprendizaje.
- Aceptar con empeño el cambio de las estrategias de enseñanza tradicionales a las nuevas tendencias pedagógicas.

- Revisar a mayor profundidad los programas oficiales emanados del Ministerio del Poder Popular para la Educación, ya que los estudiantes al terminar el Bachillerato, no poseen los conocimientos mínimos para comprender temas relacionados fenomenología no lineal en la Educación Básica.
- La puesta en práctica de la presente propuesta, para que a futuro se diseñen propuestas curriculares para bajarla a nivel de Educación Básica.

No cabe duda de que hay mucho por hacer y que el camino es largo, pero está en manos de los docentes buscar las maneras de innovar y darle empuje a la transformación del proceso educativo. También se debe considerar que en la actualidad, los estudiantes poseen mayor facilidad de obtener información científica y tecnológica debido al uso de las tecnologías como teléfonos inteligentes, computadoras, tabletas etc., por ello se hace más familiares muchos de los términos utilizados en la jerga científica.

Referencias

- Alemán, Rafael A. y Pérez, J. F. (2000). «Una introducción a la dinámica no lineal en enseñanza secundaria». *Enseñanza de las ciencias*, 18(1): 141-145.
- Becerra, A. (1989). *La lengua y el discurso científico*. Versión impresa facilitada por el autor.
- Becerra, A. (2010). *La pregunta, la ignorancia y la construcción del conocimiento en la escuela*. Versión digital facilitada por el autor.
- Becerra, A. (2010), *Thesauruscurricular de la educación superior*. Versión digital facilitada por el autor.
- Becerra, A. (2011), *La pregunta, los géneros de didácticas y la docencia erotética universitaria*. Versión impresa facilitada por el autor.
- Briscoe, C. (1991). *The dynamic interactions among beliefs, role metaphores and teaching practices. A case study of teacher change*. *Science Education*.
- Calabrese, J. (1999). *Ampliando las fronteras del reduccionismo, deducción y sistemas no lineales*. Segundo Coloquio de Colonia. Uruguay.
- Cárdenas, M. y Rivera, J. (2004), La teoría de la complejidad y su influencia en la escuela. *Revista de Teoría y Didáctica de las Ciencias Sociales*. Mérida-Venezuela. Enero-Diciembre. Nº 9: pp.131-141.
- Fonseca, M., Hurtado, A., Lombana, C. y Ocaña, O., (2003), Aproximación a una Propuesta Didáctico- Experimental que Integre Nuevas Tecnologías en la Enseñanza de las Oscilaciones de un Sistema Masa – Resorte. *Revista Colombiana de Física*, vol. 35, No.1. pp. 90-94.
- González, E. y Pozo, J. (2010), Enseñando algunos aspectos de la teoría del caos en el laboratorio de electricidad y magnetismo. *Actas del XXIV Congreso Chileno de educación en Ingeniería*. Valdivia 28 al 30 de octubre del 2010.

- Gutiérrez, M. (2005), Concepciones implícitas y cambio conceptual en física: Nuevas propuestas desde el discurso argumentativo. *Revista de la Facultad de Psicología Universidad Cooperativa de Colombia - Volumen 1*.
- Hernández, A., Neipp, C. y Meléndez, A., (2003). Estudio del péndulo físico para introducir métodos numéricos de resolución de ecuaciones diferenciales no lineales. En: *XII Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas*. Barcelona, 26-28 Julio de 2004 : ponencias. Barcelona: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial, 2004. ISBN 84-688-6911-2, pp. 854-865.
- Maldonado, C. (2003). El problema de la filosofía del conocimiento y el estudio de los sistemas complejos. *Praxis Filosófica*. Universidad del Valle. Colombia. pp. 2-6
- Munné, F. (2004). El retorno de la complejidad y la nueva imagen del ser humano: Hacia una psicología compleja. *Revista Interamericana de Psicología/Interamerican Journal of Psychology*, Vol. 38, Núm. 1 pp. 23-31
- Sámano, M. (2010). *La dinámica no lineal del aprendizaje en la innovación: bases para la construcción de un sistema complejo*. {Documento en línea}. http://octi.guanajuato.gob.mx/sinnco/formulario/MT/MT2010/MT14/SESION1/MT141_MSAMANOR_239.pdf. [Consultado 24-02-2012].

Autores:

Héctor Velazco

hectorvlina@gmail.com

Docente investigador de la Fundación Centro Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de la Ciencia (CENAMEC). Docente contratado en Universidad Nacional Experimental de las Fuerzas Armadas (UNEFA)

Luis A. González D.

lagdelul@gmail.com

Investigador en Física del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas
Venezuela