Propuesta didáctica de estructura discursiva para la clase de Física en el profesorado

Didactic proposal of discursive structure for the Physics class in teacher training

Proposta didática de estrutura discursiva para a aula de Física na formação de professores

Carlos Saúl Buitrago Volcán
buitragoc36@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-2663-1973

María Maite Andrés Zuñeda
maitea2006@gmail.com
https://orcid.org/0000-0003-4601-8719

Programa de Física, Instituto Pedagógico de Caracas, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Venezuela.

Artículo recibido en mayo de 2021, arbitrado en junio de 2021 y aprobado en julio de 2021

RESUMEN

La investigación constituye parte de un trabajo más amplio, centrada en: i) Un diagnóstico sobre los elementos subyacentes del lenguaje y el desarrollo conceptual de estudiantes del profesorado de Física del Instituto Pedagógico de Caracas, al enfrentarse a situaciones escolares de Física; y ii) diseñar una Estructura Modelativa del Discurso (EMD) como guión didáctico. El diagnóstico realizado en el contexto de actividades teórico-experimentales, permitió conocer qué elementos del discurso y qué conceptos activan los estudiantes, en un ambiente de clase de Física no Tradicional. Los resultados indican que los estudiantes activan elementos del discurso y conceptos que no se corresponden con el lenguaje y el conocimiento físico necesario para resolver las situaciones. Basados en estos resultados y los referentes teóricos: Elementos del discurso, Teoría de Campos Conceptuales de Vergnaud y algunos de los principios del Aprendizaje Significativo Critico de Moreira, se diseñó una EMD, considerada potencialmente significativa.

Palabras clave*: Aprendizaje significativo crítico; conceptos de Física; clase no tradicional; desarrollo conceptual; elementos del discurso*

ABSTRACT

The study constitutes part of a larger work, focused on the following: i) A diagnosis about the underlying elements of language and the conceptual development of students

of teacher training of Physics at Instituto Pedagógico de Caracas, when they face scholar Physics situations, and ii) the generation of a Discourse Modeling Structure (DMS) to guide the didactic activities. The diagnosis was carried out in context of theoretical and experimental activities, which allowed to identify what elements of the discourse and what concepts, are activated by the students within the framework of a classroom environment of Non-Traditional Physics. The results suggest that the students activate elements of discourse and concepts that do not correspond to the language and physical knowledge necessary to solve the situation. Based on these results and the theoretical references: Elements of discourse, Theory of Conceptual Fields by Vergnaud and the principles of Critical Meaningful Learning by Moreira, a DMS was designed, which is deemed as potentially significant.

***Keywords**: Critical meaningful learning; Physics concepts; non-traditional class; conceptual development; discourse elements*

RESUMO

A pesquisa faz parte de um trabalho mais amplo, centrado em: i) um diagnóstico sobre os elementos subjacentes da linguagem e o desenvolvimento conceitual de estudantes do professorado de Física do Instituto Pedagógico de Caracas, ao enfrentar situações escolares de Física; ii) projetar uma Estrutura Modelativa do Discurso (EMD) como roteiro didático. O diagnóstico realizado no contexto de atividades teórico-experimentais, permitiu conhecer quais elementos do discurso e quais conceitos ativam os estudantes, em um ambiente de aula de Física não tradicional. Os resultados indicam que os alunos ativam elementos do discurso e conceitos que não correspondem à linguagem e ao conhecimento físico necessário para resolver as situações. Com base nesses resultados e nos referenciais teóricos: elementos do discurso, teoria de campos conceituais de Vergnaud e alguns dos princípios da aprendizagem significativa crítica de Moreira, desenhou-se uma EMD, considerada potencialmente significativa.

***Palavras-chave:** aprendizagem significativa crítica; conceitos de Física; classe não tradicional; desenvolvimento conceitual; elementos do discurso*

INTRODUCCIÓN

Los procesos educativos basados en modelos de las Ciencias Naturales vistos desde la praxis en formación de docentes propia, permiten dar cuenta del poco impacto que han tenido estos en la formación de docentes de ciencias. Cuestión que ha repercutido negativamente en el aprendizaje de las ciencias en los estudiantes de los distintos niveles educativos.

Se piensa que lo anterior repercute en el desarrollo de sus capacidades cognitivas para poder entender la importancia de las ciencias en la sociedad moderna, y en la adquisición de un conocimiento mínimo de las mismas para participar activamente en ella. Capacidades que en cierto grado están sujetas al desarrollo del pensamiento científico, en cuanto a sus procesos, quehaceres, productos y contribuciones.

La idea de ciencia que hoy en día es aceptada por la comunidad mundial, se considera que debe estar incluida en cualquier intento de reforma educativa en Ciencias Naturales. Resulta relevante aprender sobre Ciencias, pues promueve la participación ciudadana con actitud crítica y la toma de decisiones pertinentes, y la correspondencia con los requerimientos de la revolución científica-tecnológica contemporánea y con las necesidades de una educación adecuada al ciudadano moderno. Para ello, es perentorio que el aprendizaje de las ciencias sea realmente significativo para las personas.

En las aulas de clases, en niveles educativos medios y universitarios, se ha podido apreciar que comúnmente, la praxis educativa parte de un docente que selecciona los contenidos de un programa, los organiza según su punto de vista y los transmite, apoyado en la resolución de problemas de lápiz y papel, presentando la disciplina sobresimplificada y mecánica, con ejercicios rutinarios operacionales para memorizar, esperando que el estudiante aprenda los contenidos y después los aplique a diversas situaciones problemáticas escolares de Física, algo que pocos logran. (Buitrago, 2012).

El problema que este tipo de praxis genera, está relacionado con la presentación de una imagen de la ciencia que minimiza y tergiversa sus procesos e importancia, y con una aula de clases condicionada por un proceso en donde la información se transmite en una sola dirección -docente a estudiante- de manera repetitiva, haciéndolo un receptor pasivo, acrítico, con poca interacción del estudiante con los procesos naturales de la ciencia en sus ámbitos teóricos, experimentales y aplicados, y poco consciente de su propio proceso de aprendizaje. Este tipo de praxis educativa, se piensa que poco contribuye al desarrollo conceptual y a la construcción de un pensamiento científico

formal y coherente con la actualidad.

En este sentido, el objetivo final es diseñar y evaluar un enfoque didáctico que permita promover en los estudiantes el desarrollo del lenguaje y el uso de conceptos en ciencias, en particular en Física, en un ambiente educativo relacionado con clases de física que hemos denominado *no tradicionales*; a través, de secuencias de acciones educativas innovadoras teórico/experimentales guiadas por un discurso estructurado de manera intencional (complementariedad: discurso-teoría-experimento) para suscitar los fundamentos de la construcción de un conocimiento físico formal consciente y eficiente, según las necesidades del contexto en donde se requiera aplicar.

Génesis Investigativa del Problema

En el marco del aprendizaje de conceptos de Física, Buitrago (2012) desarrolló una investigación, en virtud de que, con frecuencia, en la enseñanza de la física se utiliza el discurso unidireccional, profesor a estudiante, y la solución de ejercicios, como los principales, y muchas veces, únicos medios didácticos, lo cual se asocia con las dificultades que presentan la mayoría de los estudiantes para lograr la construcción del conocimiento sobre la ciencia y su naturaleza.

Esta investigación implicó una secuencia de *situaciones problema escolares teórico-experimentales* (TE) de física que ponían el estudiante en acción cognitiva, con el fin de poder activar, promover y evaluar su desarrollo conceptual. Se tomó como referente a la Teoría de Los Campos Conceptuales de Vergnaud (1990) para el aprendizaje de conceptos científicos. Esta teoría permitió la organización de las situaciones y la evaluación del desarrollo conceptual.

Entre las actividades para integrar teoría – experimento que se incluyeron están la tradicional resolución de ejercicios de lápiz y papel, pero con preguntas teórico-experimentales, y las demostraciones experimentales de cátedra, simulaciones computacionales o uso de data experimental, según la intención didáctica.

Se ensayaron procesos de Investigación Acción con un grupo de estudiantes (profesorado de Biología y Química) del Instituto Pedagógico de Caracas; quienes trabajaban en acción cognitiva y práctica mientras el profesor mediaba el proceso de aprendizaje, durante seis semanas, con dos clases por semana de tres horas cada una.

A partir de una prueba inicial sobre el desarrollo conceptual, se construyeron guías didácticas con lineamientos derivados de la TCC, conformadas por Situaciones Problematizadas Escolares de Física (SPEF). Por medio de la observación participante, el docente-investigador mediaba el proceso de aprendizaje y recolectaba información. Se evidenció que los estudiantes lograron reconocer las situaciones y ubicarlas dentro de una teoría física y un modelo, además de aplicar las operaciones básicas asociadas al modelo e interpretar los resultados con una aproximación aceptable a lo esperado.

Este trabajo permitió validar algunas de las posibles potencialidades didácticas de las actividades experimentales incorporadas (cuadro 1).

Cuadro 1. Potencialidades didácticas de actividades experimentales validadas.

Tipo de Actividad	Potencialidad didáctica
Demostraciones de cátedra	▪ Involucrarse de manera directa con el ▪ fenómeno. ▪ Conectar las teorías subyacentes físicas con las situaciones físicas presentadas y la vida cotidiana ▪ Promover y facilitar el desarrollo de explicaciones y discusión crítica.
Simulaciones Computacionales	▪ Operar con el modelo y las relaciones implícitas a través de una variedad de ▪ fenómenos simulados. ▪ Interactuar con las diversas representaciones del concepto través de los fenómenos simulados y
Data experimental	▪ Establecer una conexión lógica entre las variables que componen la estructura del concepto y la situación física real presentada, descrita, explicada y sometida a operaciones

Entre las conclusiones a destacar se tienen:

• Las actividades diseñadas con énfasis en conceptos y representaciones, desde la perspectiva de la TCC (Vergnaud, 1990), resultaron adecuadas para promover la progresividad del aprendizaje de conceptos en ciencias.

• En la prueba final, los estudiantes lograron activar conceptos formales respecto a la situación, indicador que se puede relacionar con el desarrollo conceptual.

• El uso didáctico intencional de las demostraciones, simulaciones virtuales y datos experimentales, organizados de manera complementaria con la clásica exposición del profesor y resolución de problemas de papel y lápiz, contribuyó favorablemente con el aprendizaje conceptual en los estudiantes. Además, la integración teoría-experimento evidenció ser viable para ir construyendo en los estudiantes una visión de la relación de las teorías, sus modelos y actividad teórica - experimental con los fenómenos naturales.

Esta investigación sirvió para mostrar, dentro de una duda razonable, que las actividades didácticas teóricas y experimentales organizadas de forma complementaria, en la clase de Física, promueven el progreso conceptual del estudiante, y forman puentes de conexión cognitivos entre lo que percibe y lo que expresa acerca de ello.

Como mencionamos, el discurso del docente fue el tradicional; con miras a nuevas indagaciones, surgió como pregunta, ¿Cómo la incorporación de un discurso intencional que pudiese guiar de manera lógica y didáctica las actividades de la complementariedad teoría-experimento, contribuye a que el estudiante logre elaborar discursos que se aproximan al de la Física, y por ende, el aprendizaje de conceptos? Dado que el proceso de enseñanza de la Física implica incorporar al estudiante a la comunidad de la ciencia, es necesario verlo como un proceso social que depende no sólo de conocimientos y habilidades, sino también del lenguaje de la ciencia. Por ello, el trabajo de Buitrago (2012) se considera la génesis del reporte de este artículo.

Referentes teóricos orientadores

La Teoría de Campos Conceptuales y el aprendizaje conceptual

Las premisas de la Teoría de Campos Conceptuales (TCC) de Vergnaud (1990) sirvieron de soporte para el estudio. Estas hacen énfasis en cómo se supone pueden lograrse aprendizajes del contenido del conocimiento y de la estructura conceptual en dominios disciplinares, como el de la Física. Desde la TCC se procura una comprensión sobre los procesos de construcción del conocimiento, los cuales se piensa, pueden facilitar el aprendizaje de conceptos; a medida que la persona modifica sus invariantes operatorios, IO, (Vergnaud, 1991), desarrolla, en un proceso paulatino y lento, sus propios campos conceptuales (CC), lo que le permite operatividad ante situaciones; esto es traduce en un aprendizaje de conceptos.

Andrés, Pesa y Meneses (2006) desde la TCC de Vergnaud (1991), señalan que el aprendizaje de conceptos ocurre cuando se construyen nuevos esquemas al colocar al estudiante ante situaciones novedosas. Señalan estos autores que: “en este proceso de elaboración pragmática, el desarrollo cognitivo es moldeado por las acciones de los sujetos ante situaciones concretas, y por las conceptualizaciones subyacentes a ellas” (p.223). Además, en el aprender un concepto, se considera necesario aprender sus atributos de: criterio (los que sirven para distinguirlo o identificarlo), naturaleza definitoria (nominal y operacional), representativa y aplicativa.

Frente a una misma clase de situaciones los conceptos involucrados son equivalentes y, ante diversas clases surgen elementos diferentes del significado; en la medida que un concepto incluya más elementos y relaciones con otros conceptos, más complejo será su significado. En consecuencia, se entiende el desarrollo conceptual relacionado con la capacidad del estudiante para operar, representar y aplicar los conceptos de una disciplina, en este caso la Física, ante una situación, con argumentos y significados lógicos formales.

El aprendizaje significativo critico

El aprendizaje conceptual requiere que no sea: arbitrario, literal, mecánico, carente de significados representativos y aplicativos, es decir, debe ser significativo para el que aprende. Además, es necesario que exista una disposición manifiesta del estudiante a participar en su propio proceso formativo, de manera consciente y reflexiva de lo que está aprendiendo y para qué lo está haciendo.

¿Por qué el aprendizaje de las ciencias debe ser realmente significativo? Como lo señala Moreira (2005), se trata de "aprender a aprender", lo cual amerita de un aprendizaje para la vida, que se centre fundamentalmente en lo que es significativo, aplicable y viable para el estudiante. Que las personas puedan llegar a ser profesionales en algún campo de las mismas y/o a participar activamente en el desarrollo de la sociedad. De manera que, los significados construidos desde las Ciencias, puedan ser reelaborados por las personas de manera crítica, reflexiva, participante, no dogmática, que sea capaz de tomar decisiones adecuadas para enfrentar el mundo cotidiano y complejo en el cual vive. Para Moreira (2005), es a través del pensamiento y aprendizaje significativo crítico como el estudiante podrá formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, no ser subyugado por ella, por sus ritos, sus mitos y sus ideologías (p. 88)

Por medio de este tipo de aprendizaje, el estudiante podrá trabajar con la incertidumbre, la relatividad, la no causalidad, la probabilidad, la no dicotomización de las diferencias, con la idea de que el conocimiento es construcción (o invención) propia, sujeto a su desarrollo cognitivo; y a su vez, consciente también de que hay un conocimiento científico ya construido, aceptado, formal, que ha asentado las bases del desarrollo social y tecnológico, que aprende de los errores, es dinámico, todo el tiempo se está haciendo preguntas, y que con sus procesos ha sido exitoso, el cual requiere integrar.

Todo lo señalado convierte al aprendizaje y el pensamiento crítico, en habilidades necesarias para enfrentar los problemas actuales, dinámicos, difusos y disruptivos que la sociedad presenta en la actualidad. Y se espera que estas sean adquiridas por el estudiante durante su proceso educativo. Pero, ¿cómo se podría logra este aprendizaje?

En tal sentido, Moreira (2005) plantea un conjunto de principios facilitadores del aprendizaje significativo crítico, los cuales se mencionan a continuación:

- Principio de interacción social y del cuestionamiento.
- Principio de la no centralización en el libro de texto.
- Aprendizaje como perceptor/representador crítico.
- Concientización semántica.
- Evitar la supersimplificación de los fenómenos físicos.
- Aprender de los errores.
- Desaprender.
- Uso de metáforas y modelos análogos.
- Uso adecuado de la pizarra.

En el contexto de este estudio, se tomó como premisa que posiblemente estos principios serían útiles para integrar en el diseño de las actividades didácticas, y generar indicadores para establecer si se logra un aprendizaje significativo crítico.

Las dimensiones del discurso

El discurso de la clase de Física se considera como la operación intelectual y social-afectiva, llevada a cabo entre los docentes y estudiantes en ambientes educativos formales, valido para los informales. Para esta investigación estimamos algunas dimensiones que podrían estar involucradas con la estructura del discurso en la clase de Física, las cuales están relacionadas con:

Dimensión 1: Los conceptos propios del conocimiento físico y su estudio, son parte de los modelos que representan las teorías físicas. En buena medida, desde esta estructura se organizan los contenidos programáticos que conforman el currículo de formación del profesor de Física; en este estudio, también se incluye la teoría de campos conceptuales para identificar los elementos relevantes del sistema conceptual.

Dimensión 2: Los elementos propios de la lingüística (semántica, semiótica, pragmática, sintaxis, morfología, gramática) que son naturales de la estructura misma del lenguaje en su uso cotidiano, tal que permita ir construyendo las capacidades y estructuras del mismo discurso en cualquier situación. Además, en lo concerniente a la semántica propia del discurso de la ciencia, se incluyen las relaciones propuestas por Lemke (1993) y, los esquemas argumentativos, la interacción entre los argumentos, y la amplitud y el orden del discurso planteados por Perelman y Olbrechts-Tyteca (1989).

Dimensión 3: El elemento socio-afectivo que interviene naturalmente en el acto de la comunicación de vital importancia se incluye en el acto educativo y el aprendizaje.

Las tres dimensiones del discurso se consideran esenciales para el aprendizaje conceptual, dependiendo del desarrollo cognitivo que se haya alcanzado respecto de una disciplina, su manifestación a través del discurso será más o menos compleja.

El objetivo de este artículo es: i) Presentar un estudio diagnóstico dirigido a conocer *los elementos del discurso* que usan los estudiantes en Situaciones Problematizadas Escolares de Física, SPEF, y *los conceptos y significados* que le dan a los mismos; y ii) Diseñar una propuesta de *Estructura Modelativa del Discurso*, *EMD*, que potencialmente permita guiar el diseño de las secuencias didácticas no tradicionales para el aprendizaje conceptual; basada en los resultados del diagnóstico y tres referentes teóricos: los elementos del discurso, la Teoría de Campos Conceptuales (Vergnaud 2007), y principios del Aprendizaje Significativo Critico (Moreira, 2008).

MÉTODOS

Estudio Diagnóstico

El diagnóstico se realizó en el contexto de una unidad curricular del curso de Mecánica Teórica y Aplicada (MTA), del Componente de Formación Profesional Específico, ubicado en el cuarto semestre de la Carrera para Profesores de Física del IPC-UPEL, durante el semestre 2018 II.

La unidad curricular MTA demanda la integración teórico/experimental de los principales modelos físicos de la formulación newtoniana de la Mecánica. Su objetivo es que los estudiantes desarrollen competencias básicas en el estudio de fenómenos asociados con la descripción formal (cinemática y dinámica) del movimiento de la partícula y de los sistemas de partículas en régimen no relativista, con miras a su aplicación en subsecuentes unidades curriculares, y en su futura praxis educativa.

Inicialmente se tenían cinco estudiantes regulares, de los cuales quedaron dos (femeninas), ambas habían cursado dos unidades curriculares de Física Básica, donde tuvieron acceso a contenidos básicos teórico y experimental similares, sin cálculo. Se incluyó una estudiante perteneciente al currículo previo (1996) quien, aunque ya había

aprobado los cursos de Mecánica y Termodinámica, solicitó participar como oyente con el fin de retomar tópicos de mecánica. Dado el diseño metodológico de esta investigación, se consideró que ella podría resultar un caso relevante para el estudio.

***Estudio 1. Identificación de los elementos del discurso**.*

¿Qué elementos del discurso subyacentes en el lenguaje utilizan las estudiantes al hablar acerca de Situaciones Problematizadas Escolares de Física, SPEF?

Se diseñaron tres actividades SPEF, teórico-experimentales, correspondientes a las ideas de movimiento contenidas en el curso de MTA, propiciando un ambiente para discusiones abiertas y libres entre estudiantes, con el fin de poder observar ¿cómo organizan y qué significancia les dan a los elementos del discurso que usan cuando se enfrentan a una SPEF? El rol del docente fue presentar y guiar el desarrollo de las actividades, como si estuviese en una clase cotidiana del semestre. Las tres SPEF se realizaron en una sesión de dos horas, correspondiente a la primera clase de la unidad curricular. En los gráficos 1, 2 y 3 se describen las tres situaciones.

La dinámica social en el aula permitió un ambiente de diálogo libre, donde las estudiantes comentaron, hipotetizaron, discutieron y concluyeron por medio de sus propios elementos discursivos y conocimientos previos acerca de cada situación.

Las observaciones fueron realizadas por el docente, mediante la grabación de audio con un celular; los archivos de audio (MP3 o MP4) se transcribieron con el editor de audio de uso libre de Google (https://speechnotes.co/files/). Al finalizar cada clase, se estructuraba la información recabada, así fueron aflorando hallazgos importantes tanto teóricos como metodológicos.

FICHA 1- Situación Problematizada Escolar de Física 1

TEORÍA: Mecánica Clásica
CAMPO: Cinemática
TÓPICO: Movimiento Unidimensional
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD: observación del desplazamiento de un móvil sobre un carril de aire. Una aspiradora en modo de reversa, expulsa el aire al interior del carril hueco y sale por un conjunto de orificios distribuidos de manera aproximadamente uniforme a lo largo del carril, evitando que el móvil haga contacto directo con el carril, lo que disminuye significativamente el roce dinámico.

Métodos Experimentales

Instrumento: Sensor de movimiento conectado a una interfaz analógica – digital que recoge los datos, los transforma y los envía a la PC. Software asociado: *Motion detector*. Order Code: MD-BTD, Imagen 1.



Imagen 1. Sensor de movimiento. Montaje experimental para llevar cabo la SPEF1

Mediciones: el programa asociado a la interfaz toma los datos de posición - tiempo y los transforma en tablas y gráficas de posición-tiempo, velocidad-tiempo y aceleración-tiempo, en tiempo real.

Gráfico 1. Situación Problematizada Escolar de Física 1

FICHA 2 - Situación Problematizada Escolar de Física 2

TEORÍA: Mecánica Clásica
CAMPO: Cinemática
TÓPICO: Movimiento Bidimensional
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD: Observación del movimiento de un proyectil a través de un vídeo de uso libre en YouTube. En este vídeo se muestra un montaje experimental compuesto por un dispositivo automático de lanzamiento de proyectiles unido a una interfaz. La persona va explica el mecanismo del dispositivo y en qué consiste la actividad del vídeo. Se activa un disparo con el cañón colocado a un cierto ángulo y se observa al proyectil describiendo una trayectoria parabólica (vídeo: https://youtu.be/Nleq-ebyidA). Durante el viaje del proyectil se podían definir en el video los puntos de la trayectoria.



Imagen 1. Describiendo el mecanismo del dispositivo de disparo. Trayectoria del proyectil.

Métodos Experimentales

Instrumento: sensor de registro de velocidad conectado a una interfaz analógica – digital *LabQuest 2* que muestra en el visor el valor de la rapidez inicial del disparo.

Mediciones: observación de la trayectoria descrita por el proyectil y medición de la rapidez de disparo.

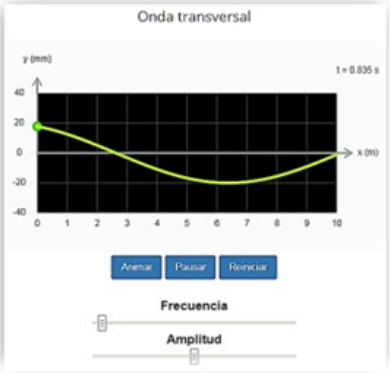


Imagen 2. Dispositivo de lanzamiento usado en el vídeo, conectado al Interface *LabQuest 2* (derecha)

Gráfico 2. Situación Problematizada Escolar de Física 2

FICHA 3 - Situación Problematizad Escolar de Física 3

TEORÍA: Mecánica Clásica
CAMPO: Oscilaciones y Ondas
TÓPICO: Movimiento Ondulatorio
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD: observación de ondas simuladas computacionalmente (Imagen 1). La simulación es de uso libre y se puede descargar en formato HTML para luego instalarla en la computadora (Este formato permite hacer una corrida de la simulación sin usar las máquinas virtuales de



JAVA, para lo que se amerita conexión a INTERNET). A través de esta simulación se pueden generar movimientos de ondas longitudinales y transversales, las cuales eran proyectadas con un video beam conectado a una PC y observadas por las estudiantes.

Imagen 1. Simulación de ondas (Ver en: https://www.educaplus.org/luz/ondas.html)

Métodos Experimentales

Instrumento: simulación computacional de ondas.
Mediciones: observación de ondas longitudinales y transversales.

***Gráfico* 3. Situación Problematizada Escolar de Física 3.**

Estudio 2. Identificación de los conceptos activados ante situaciones problema.

Se buscaba en una primera aproximación, información relacionada con los conceptos que cada estudiante activa, ante las *Situaciones Problematizadas Escolares de Física,* SPEF, si su significado se aproxima o no a lo científico y cómo se integran. Se parte del supuesto de que ante las situaciones se activan esquemas con conceptos, modelos y teorías relacionadas y representaciones (Vergnaud, 1990).

La información se recabó en la segunda sesión de clase regular del mismo curso de MTA, con una duración de dos horas académicas. Para ello se diseñó un *Instrumento de Evaluación Diagnóstica* (IED), compuesto por el planteamiento de cinco SPEF, que corresponden al campo conceptual establecido referido al *Contenido I* del programa de estudios (gráfico 4).

En el desarrollo de la evaluación, las estudiantes tenían que responder por escrito, a las SPEF, haciendo uso de descripciones, explicaciones, representaciones, (icónicas, gráficas y matemáticas), relaciones (entre magnitudes y parámetros físicos), además de operaciones numéricas básicas.

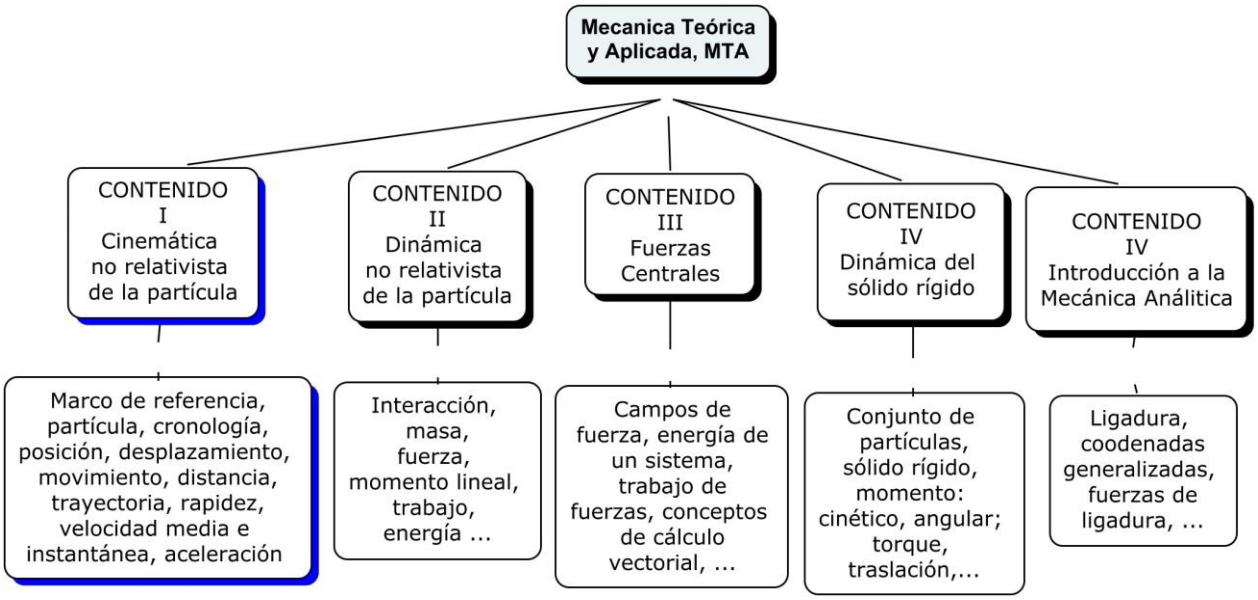


***Gráfico* 4. Contenidos y conceptos claves de la unidad curricular Mecánica Teórica y Aplicada, MTA.**

RESULTADOS

Sistematización de los datos referidos a los elementos del discurso

Las tres estudiantes fueron identificadas como: ILA00: estudiante regular 1, NIC002: estudiante regular 2 y JAR003: estudiante invitada. Un extracto de los resultados para cada SPEF y estudiante se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Extractos de las grabaciones de cada SPEF, por estudiante

Mes /año: 03/2019; **Hora**: 10:34 am; **Tiempo de duración total**: 10 min 2018032.0102927 (**G1**), **SPEF1**	
Estudiante	**Extracto de la grabación**
ILA001	La velocidad y el tiempo en el mismo tiempo, va lento va rápido. Son necesarios los gráficos, se observa que la velocidad aumenta y disminuye. Muy interesante el experimento sobre todo la manera como se intersectan los planos, se puede ver en la gráfica, se puede ver la distancia en el eje horizontal en la gráfica $x\ vs\ t$.
NIC002	La velocidad va en aumento y al final disminuye por retroceso del móvil y la computadora lo toma negativa. En la gráfica de la posición entre tiempo se ve que el móvil empezó duro acelerado y luego disminuyó. Aplicar el experimento a bachillerato. También se podría obtener la aceleración.
JAR003	Este trabajo experimental lo hicimos en el laboratorio de Física I y obtuvimos la velocidad y aceleración del móvil. Aumenta la velocidad en el desplazamiento de la línea horizontal. La aspiradora iba aplicando fuerza al inicio y al final, eso explica la gráfica, eso es una hipótesis mía.
Mes /año: 03/2019; **Hora**: 10:46 am; **Tiempo de duración total**: 9 min. 20180320104020 (**G2**), **SPEF2**	
Estudiante	**Extracto de la grabación**
ILA001	Excelente la película, a los niños que no les interesa hay que vender el producto, eso provoca asombro, para que vean la que la física es interesante y motiva y mejora el trabajo. Hay condiciones en la gráfica no puedo decir cuando es retardado y cuando es acelerado. Es una parábola, es difícil de
NIC002	Veo una pendiente ascendente en la parábola va disminuyendo y aumentando. En y vs x, la posición de la pelotica en x y en y, es un estilo de caída libre. Actúa la ley de gravedad sobre el objeto.
JAR003	En la parábola va disminuyendo y aumentando en la gráfica y vs x, y la posición de la pelotica en x y en y, es un estilo de caída libre. Depende de la gravedad el movimiento del objeto.
Mes /año: 03/2019; **Hora**: 11:00 am; **Tiempo de duración total**: 22 min. 20180320104647 (**G3**), **SPEF3**	
Estudiante	**Extracto de la grabación**
ILA001	Una lo hizo como un cuadrado y la otra hacia los lados, una es más intensa que el otro eso es que son distintas por el movimiento. El sonido son ondas transversales. La luz son ondas longitudinales.
NIC002	La línea hace una onda grande y abajo más reducida, sigue recto. Una onda SE perece a una serpiente. Las olas del mar crean ondas. El sonido son ondas transversales.
JAR003	Me estoy divirtiendo. Cuando es teoría es confuso. En la práctica se ve todo el movimiento, el pizarrón no se ve, se aburre el estudiante, es más fácil y practico. Es más sencillo ir del experimento que al pizarrón. Para mí las olas del mar sin orden, caen hacia la orilla y hay queda. También son ondas. Existen otros fenómenos naturales son de la física y su lógica. Por lo cual existe una analogía con el movimiento de una la luz, el sonido. El algoritmo para la simulación de las ondas, pienso lo crean como el aparato de los latidos del corazón.

Los elementos del discurso a identificar en los tres extractos grabados fueron:

Dimensión 1. Elementos propios del conocimiento Físico (EPF) como: *magnitudes físicas, objetos matemáticos y elementos epistemológicos del conocimiento Físico*. Por ejemplo: “la trayectoria que sigue el proyectil es parabólica, la misma se puede representar y describir a través de una función cuadrática" (*matemáticos*); "de las magnitudes y parámetros físicos asociados al movimiento" (*elementos epistemológicos del conocimiento Físico*); "Esta trayectoria a su vez está relacionada con el efecto que ejerce la fuerza de gravedad sobre el proyectil, la cual, es una fuerza de tipo central" (*elementos epistemológicos del conocimiento Físico y magnitudes Físicas*)”.

Dimensión 2*.* Elementos propios de la lingüística (EPL) como: argumentos, fundamentación, (Perelman y Olbrechts-Tyteca, 1989), juicios de valor, posturas, elementos taxonómicos y nominales (Lemke, 1993). Por ejemplo: “la trayectoria seguida por el proyectil se le puede atribuir a la interacción de la Tierra con el mismo (*juicio de valor*), "pues debido a que esta es de origen central" (*argumentos y justificación*), "genera en la trayectoria una curvatura cuyo punto máximo corresponde a la altura máxima que puede alcanzar el proyectil" (*elementos taxonómicos*).

Dimensión 3. Elementos socio/afectivo (ES/A), como las emociones: necesidad, interés, asombro, preocupación, entre otros. Por ejemplo, “¡Mira!, el resultado que obtuvimos analíticamente para el alcance máximo del proyectil coincide con lo medido" (*asombro y emoción*); "este tipo de actividad es buena para hacerla con los estudiantes de bachillerato, en donde doy clases" (*interés*); "pero primero hay que enseñarles todo este procedimiento teórico-experimental" (*necesidad*); "pienso que la traba puede ser entender la relación entre lo obtenido analíticamente y experimentalmente pues la empírica es evidente (*preocupación*)”.

Según estas dimensiones, los elementos del discurso que activaron las tres estudiantes ante las tres SPEF se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Elementos del discurso activados por cada estudiante ante situaciones.

Estudiantes		ILA001	NIC002	JAR003
Situación	**Dimensión**	**Elementos**		
SPEF 1	**EPF**	**Magnitudes físicas** (velocidad, aceleración, posición, distancia, rápido, lento) **Objetos matemáticos**	**Magnitudes físicas** (velocidad, aceleración, posición, tiempo, distancia, móvil, aceleración) **Objetos matemáticos**	**Magnitudes físicas** (velocidad, desplazamiento, fuera, móvil, aceleración) **Objetos matemáticos**
	EPL	No se evidencian	No se evidencian	No se evidencian
	ES/A	**Percepciones sensoriales** (necesidad, interés, observación)	**Percepciones sensoriales** (observación) **Preocupaciones Educativas** (importancia de incorporar las actividades experimentales en la educación)	**Percepciones sensoriales** (muy bueno, difícil, explica) **Preocupaciones Educativas** (importancia de incorporar las actividades experimentales en la educación)
SPEF 2	**EPF**	**Magnitudes físicas** (retardado, acelerado)	**Magnitudes físicas** (posición, caída libre, gravedad, objeto)	**Magnitudes físicas** (posición, caída libre, gravedad, movimiento, objeto)
	EPL	**Argumentos y posturas** (con respecto a lo educativo)	**Argumentos y posturas** (con respecto a la ley de gravedad)	**Argumentos y posturas** (con respecto a la ley de gravedad)
	ES/A	No se evidencian	No se evidencian	No se evidencian
SPEF 3	**EPF**	**Magnitudes físicas** (intensidad, sonido, ondas, luz, movimiento)	**Magnitudes físicas** (intensidad, sonido, ondas, luz, movimiento)	**Magnitudes físicas** (sonido, ondas, luz, movimiento, simulación, aparato) **Matemáticos** (algoritmo, lógica, matemáticos)
	EPL	No se evidenciaron	No se evidenciaron	No se evidenciaron
	ES/A	No se evidenciaron	No se evidenciaron	**Percepciones sensoriales** (observar) **Emociones** (diversión, confusión, aburrimiento) **Educativos** (ventajas del uso de simulaciones con respecto al uso de la pizarra)

Nota. Elementos: EPF (propios de la Física); EPL (propios de la lingüística); ES/A (socio afectivos).

Sistematización de la información recogida acerca de los conceptos activados ante situaciones.

Las respuestas de las estudiantes en el Instrumento IED, se clasificaron según criterios de la TCC con el sistema de categorías y códigos del gráfico 5. Las respuestas de las estudiantes en el Instrumento IED, se clasificaron según criterios de la TCC con el sistema de categorías y códigos del gráfico 5.

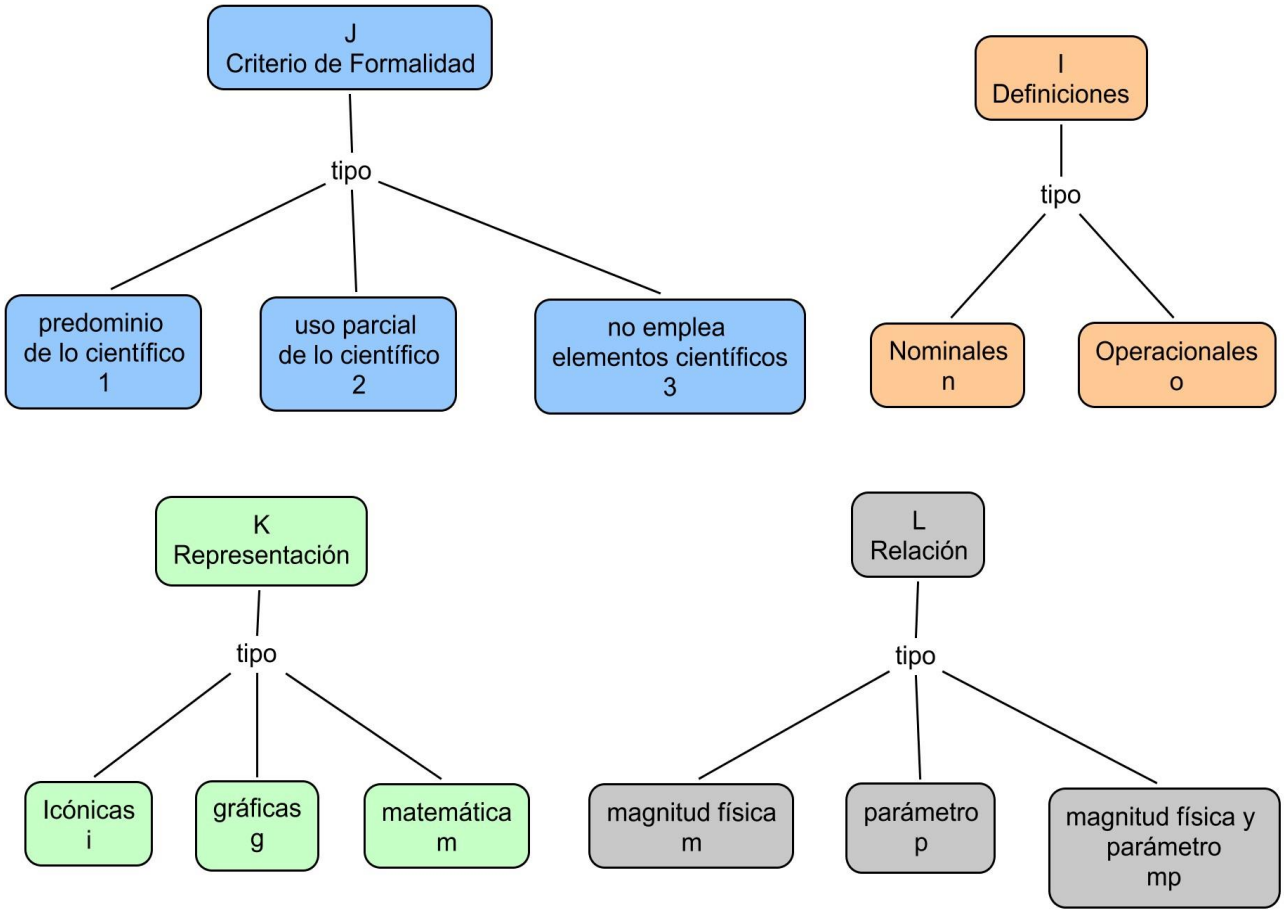


***Gráfico* 5. Codificación para clasificar datos: Conceptos (C $I_{n/o}$ $J_{1/2/3}$)- Representaciones (R $K_{i/g/m}$ $J_{1/2/3}$) - Relaciones (R' $L_{m/p/mp}$ $J_{1/2/3}$)**

A continuación en los cuadros 4 y 5, se presentan los resultados encontrados con el instrumento IED por Situación y Estudiante.

Cuadro 4. Resultados en el Instrumento Evaluación Diagnóstica, IED, por Situación y Estudiante (codificación en gráfico 5).

Estudiante	Elemento	Situación I	Situación II	Situación III	Situación IV	Situación V
ILA001	Representación	RKi J3	RKi J3	RKi J3	RKi J3	RKi J3
	Conceptos	CoJ2	CnJ3	CnJ3	No responde	CnJ3
NIC002	Representación	RKi J2	RKi J3	RKi J3	No responde	RKi J3
	Conceptos	No responde	No responde	CnJ3	CnJ3	CnJ3
JAR003	Representación	RKi J3	RKi J3	RKi J2	No responde	No responde
	Conceptos	CnJ3	CnJ3	CnJ3	CoJ2	CnJ3

Nota: No se evidenciaron elementos de Relación, R'.

Cuadro 5. Resumen de C, R y R´ activados por cada estudiante en el IED

Estudiante	C/R/R´	Conceptos activados, significados, aproximación a lo científico y cómo se integran ante las situaciones
ILA001	**C**	Se observan ausencias en: La operación de metrización del espacio y de una magnitud Física, es decir, el proceso de cuantificación que permite escribir el vector de posición, en este caso, en términos de valores numéricos en unidades de longitud. La operatividad del concepto de norma o módulo de la aceleración. En la descripción de cómo obtener una magnitud física, a partir del uso de los conceptos en cuanto a sus definiciones operacionales. Los conceptos y definiciones del movimiento relativo para describir y operar frente a una situación.
	R	Hace representaciones icónicas aproximadamente formales de situaciones físicas relacionadas con el movimiento desde la cinemática, y de la dinámica. Se observa ausencia de representaciones vectoriales de las magnitudes posición, velocidad, aceleración y fuerza.
	R´	Se observan ausencias del uso de relaciones entre magnitudes físicas y parámetros para hacer descripciones u operaciones frente a las situaciones.
NIC002	**C**	Comentarios similares a los de la estudiante ILA001, con ausencia más marcada del uso de los conceptos.
	R	Comentarios similares a los de ILA001.
	R´	Comentarios similares a los de ILA001, con la diferencia de que hace el intento de usar algunas relaciones para la obtención de magnitudes físicas con el fin de describir y explicar la situación, sin embargo, estas no son científicas.
JAR003	**C**	Comentarios similares a los de las otras estudiantes. Sin embargo, intenta usar algunos conceptos muy cercanos a lo científico para describir la situación y argumentar acerca de ella.
	R	Comentarios similares a los de las otras dos estudiantes. Al igual que NIC002 la deficiencia de las representaciones es muy notable.
	R´	Comentarios similares a las otras estudiantes.

Una propuesta orientadora de Estructura Modelativa del Discurso, basada en el estudio diagnóstico

Finalmente, para llevar a cabo esta fase de la investigación se consideraron:

• Las potencialidades didácticas de las actividades experimentales (cuadro 1) y la secuencia de contenidos del programa de estudios del curso MTA para guiar las actividades enmarcadas en una triada discurso-teoría-experimento.

• Los resultados del estudio diagnóstico, i) los conceptos activados y los significados que las estudiantes les daban, ante la situación, expresados en un discurso próximo a su lenguaje natural, y ii) los elementos del discurso que cada estudiante activó para describirlas y explicarlas.

• Las dimensiones y elementos del discurso estipulados como referentes.

• Los referentes teóricos derivados de la TCC y los principios del ASC.

Considerando lo anterior se elabora una primera aproximación de la *Estructura Modelativa del Discurso* (EMD) (Cuadro 6). En una actividad didáctica se consideran tres momentos; aunque en cada uno circulan diversos elementos del discurso, predomina una dimensión:

• Introducción al evento y al lenguaje de la ciencia mediante el desarrollo de una SPEF, conectando con el lenguaje inicial de las estudiantes (diagnóstico) (énfasis en la dimensión 1).

• Trabajo con interacción social guiada de nuevas SPEF de la misma clase desarrollada en el momento 1 (énfasis la dimensión 2).

• Interacción social reflexiva (énfasis en dimensión 3).

Cuadro 6. Estructura Modelativa del Discurso (EMD), tres momentos de la clase

Primer momento
1. Potencialidades didácticas experimentales dependiendo del recurso usado. Involucrarse de manera directa con el fenómeno, conectar las teorías subyacentes físicas con las situaciones físicas presentadas y la vida cotidiana, promover y facilitar el desarrollo de explicaciones y discusiones críticas, operar con el modelo y las relaciones implícitas a través de una variedad de fenómenos simulados, interactuar con las diversas representaciones del concepto través de los fenómenos simulados y recreados, establecer conexión lógica entre las variables que componen la estructura del concepto y la situación física real presentada, descrita, explicada y sometida a operaciones, entre otras potencialidades. Evitar en todo momento una excesiva simplificación de la SPEF presentada, haciendo énfasis en que el modelo físico es una representación de la realidad. **2. Principios del ASC implícitos en este momento**: evitar la supersimplificación de los fenómenos, desaprender, percibir/representar críticamente **3. Hacer énfasis en los elementos del discurso y conceptos a partir del diagnóstico**. A través de las operaciones con el recurso experimental/modelo, las percepciones y posibles representaciones asociadas a la SPEF (***aprendizaje como perceptor/representador crítico***), ir incorporando los elementos del discurso propios del conocimiento físico (***Dimensión 1***). Ir ***desaprendiendo***, partiendo de los conceptos previos hacia los conceptos de la ciencia, entendiendo el conocimiento como lenguaje formal de las ciencias para describir y explicar los fenómenos **4. Elementos de la TCC**. Incorporar varios tipos de representaciones: icónicas, relacionales, gráficas, entre otras, en consonancia con la potencialidad del recurso experimental, además, de incorporar otros conceptos asociados con la SPEF, para dar cuenta de que la situación se aborda con varios conceptos y cada uno se representa de varias formas según la situación (***Dimensión 2*****)**
Segundo momento
1. **Reforzar los elementos del discurso y conceptos a partir del diagnóstico, a través de actividades de resolución de problemas.** Usando materiales de apoyo didáctico como guías de estudio, artículos, libro de texto (incluido en este momento no como el único material o recurso), presentaciones, entre otras, complementadas con más SPEF similares a la inicial, que pueden implicar acciones experimentales, analíticas, numéricas, entre otras. Las SPEF deben mediar el cuestionamiento, la incertidumbre, el aprendizaje a través del error, el uso de modelos análogos, metáforas, uso de la pizarra (incorporada en este momento no aparece como el único material o recurso), dándole pie a la interacción y discusión estudiante/estudiante y estudiante/docente, haciendo énfasis en los elementos propios de la lingüística (preguntas, hipótesis, juicios de valor, posturas, argumentos, relaciones taxonomías y nominales) (Dimensión 2). Aprovechar el momento para reforzar que: las percepciones están determinadas por una forma de lenguaje, aprender ciencia implica aprender su lenguaje, y que este determinará nuevas percepciones, y aceptar que hay distintas maneras de percibir el mundo pudiendo resultar contradictorias entre sí. De ahí la necesidad de ponerlas en evidencia y contrastarlas de manera crítica sin hegemonías (Andrés y Buitrago, 2014, p. 659) **(*Dimensión 1 y 3*)** **2. Hacer énfasis en la TCC**. Por medio de nuevas SPEF, pero de la misma clase de la inicial, hacer énfasis en las representaciones y conceptos asociados para abordarlas (***Dimensión 2***). **3. Principios del ASC implícitos**. Diversidad de fuentes de información: libros de texto, artículos, recursos web: el uso adecuado de la pizarra, y el aprendizaje a través de los errores.
Tercer momento
1. Reforzar los elementos del discurso y conceptos. Incorporar preguntas de cierre relacionadas con los elementos socio/afectivos y educativo (Dimensión 3), como: ¿Cómo se sintieron durante la actividad? (recursos experimentales usados; conceptos estudiados; interacción lingüística con el docente y otros estudiantes; otros recursos como el pizarrón, el libro de texto, la guía, la resolución de problemas ¿Ven la posibilidad de la incorporación de estas actividades al aula de clases? (limitaciones y ventajas) ¿Qué posibilidades de traslado y construcción de estrategias y recursos didácticos en la escuela le ven a esta experiencia didáctica?. Otras que se adecuen a las actividades. **2. Principios del ASC implícitos.** Concientización semántica (Dimensión 2).

CONCLUSIONES

Las conclusiones más relevantes de este trabajo son:

• *Referido a los Elementos en el Discurso de las estudiantes y sus posibles significados*, así como a la posibilidad de que con ello, realicen descripciones y explicaciones científicas de las SPEF, tenemos:

Cuadro 7. Elementos en el Discurso de las estudiantes y sus posibles significados

Ante la SPEF1	• EPF: Las estudiantes activaron varios conceptos (magnitudes físicas y objetos matemáticos) que se corresponden con la situación, sin embargo, la descripción de la situación es imprecisa y carente de una formalidad científica. • EPL: el discurso en general carece de una estructura semántica que permita inferir el significado que le dan a las frases, por lo cual resultó difícil de interpretar su asociación con la situación. • ES/A: Las estudiantes activan varios elementos relacionados con percepciones sensoriales de observación, y con lo educativo, en particular la necesidad de incorporar actividades experimentales en el aula de clases. La estudiante ILA001 activó menos EPF, EPL y ES/A ante las situaciones, y sus descripciones, argumentaciones y justificaciones fueron las más deficientes.
Ante la SPEF2	• EPF: surgieron términos de conceptos como: retardado, acelerado, posición, pero sin una estructura semántica adecuada para describir la situación. • EPL: el resultado fue similar la situación 1. Sin embargo, surgió una postura en NIC002 y JAR003 con respecto a la ley de gravedad que resulta consistencia y con formalidad aproximada a lo científico. • ES/A: no se evidenciaron elementos.
Ante la SPEF3	• EPF: el resultado fue similar a las situaciones anteriores. • EPL: no se evidenciaron elementos. • ES/A: se evidenciaron algunos elementos en JAR003 asociados con emociones como: diversión, confusión, aburrimiento y con aspectos educativos: ventajas del uso de simulaciones con respecto al uso de la pizarra.

Los discursos en general resultaron poco estructurados, si bien incluyen términos de la disciplina no expresan significados. Se considera necesario incorporar estructuras

del discurso en el acto educativo que permitan estimular y desarrollar ideas y conceptos tal que puedan hacer descripciones elaboradas y más formales ante las situaciones.

Se pudo observar que, en líneas generales, los elementos subyacentes en el lenguaje de las estudiantes cuando se enfrentaron a estas SPEF, estaban muy cercanos a los usados en el lenguaje cotidiano; las descripciones y explicaciones necesarias para enfrentar las situaciones con la formalidad que ameritan desde lo aceptado por la Física, se notó ausente, además, los discursos mostraban poca fluidez, lo que parece dar cuenta de los "silencios" observados.

Si se comparan con los elementos asumidos hipotéticamente para cada dimensión, se puede notar que el discurso de las estudiantes carece en gran parte de la mayoría de ellos. Este resultado, en cierto modo no extraña, pues si bien edificar un discurso científico formal con conciencia semántica, es un largo proceso, sabemos que en cursos anteriores de Física el discurso de la clase de física se planifica sólo desde la lógica de la disciplina, sin intenciones didácticas propias.

Por último, para las estudiantes resultó que los elementos socio/afectivos eran novedosos en una clase de física. También fue una novedad la posibilidad de tener discusiones abiertas y libres estudiante/estudiante durante las SPEF.

•*En cuanto al Desarrollo Conceptual.* En esta parte se buscaba conocer el desarrollo de los CC de las estudiantes, a través de la activación de conceptos y representaciones asociadas a los mismos al enfrentarse a Situaciones Problemas.

Del análisis realizado se pueden establecer que las estudiantes activaron pocas definiciones de conceptos, y en su mayoría, resultaron ser deficientes; dieron cuenta de definiciones nominales y operatorias que no se correspondían con la SPEF.

Con respecto a las representaciones del concepto, existe ausencia del uso de expresiones simbólicas adecuadas, por lo que la operacionalidad asociada al concepto

resultó deficiente.

En síntesis, inferimos que las estudiantes no mostraron un aprendizaje significativo previo sobre los conceptos, relaciones y representaciones científicas que debieron lograr durante el proceso de formación previa a este curso. Ello justifica los discursos poco estructurados y lejanos al lenguaje de la ciencia en sus exposiciones.

Desde la TCC, las SPEF presentadas en el instrumento IED resultaron muy novedosas para las estudiantes, dado que no pudieron activar un referente adecuado (esquema) para su descripción, representación y solución. El desarrollo del CC de las estudiantes, en cuanto a los tópicos de Cinemática y Dinámica, resultó más deficiente de lo esperado desde la secuencia curricular, incluso para la estudiante invitada.

• *Con respecto a los Recursos Experimentales Integrados*: simulaciones computacionales, experimentos con equipos de medición en tiempo real y demostraciones, que fueron incorporados en las actividades de clase con una intencionalidad didáctica, sirvieron de apoyo para estimular los discursos en las estudiantes durante el diagnóstico; en algunos casos, resultaron una novedad; esto confirma estudios previos al respecto (Buitrago, 2012) y supone que sus experiencias previas en cursos de teoría física fueron clases tradicionales, centradas en exposiciones y resolver ejercicios.

• *La primera aproximación a la Estructura Modelativa del Discurso.* Los resultados obtenidos del diagnóstico fueron de suma importancia para la generación de la EMS, pues aportaron el conocimiento necesario en cuanto a los elementos del discurso en sus tres dimensiones, y los conceptos, representaciones y relaciones de partida, relevantes para la construcción de una secuencia lógica/didáctica de los contenidos del curso. La EMD, se estima que permitirá guiar la incorporación de manera indisoluble de los recursos experimentales según sus potencialidades y los referentes teóricos, mediado por un discurso intencional, a fin de promover el aprendizaje significativo crítico establecido.

¿Qué se vislumbra para el futuro?

Como se señaló al principio de este artículo, el estudio reportado es parte de uno más amplio, por lo que, estos resultados resultan claves para afrontar teórica y metodológicamente algunas nuevas interrogantes:

• Desde esta primera aproximación a la EMD, ¿cómo se pueden diseñar SPEF, tal que el proceso didáctico resulte una triada didáctica discurso/teoría/experimento que promueva el aprendizaje significativo crítico de la física?

• ¿En qué medida la EMD permitirá promover el desarrollo conceptual de los estudiantes y la construcción de un discurso que se acerca al de la ciencia?

• ¿Qué metodología resultaría efectiva para la implementación de las SPEF orientadas según la EMD, y para generar reflexiones sobre el aprendizaje y la praxis futura de los estudiantes?

• ¿Cómo cambiaría el diseño de las SPEF y la secuencia de actividades didácticas con respeto a otros tópicos?

• ¿Qué otros recursos experimentales se podrían incorporar en la triada didáctica discurso/teoría/experimento?

REFERENCIAS

Andrés, M., Pesa, M. y Meneses, J. (2006) *Conceptos – en –acción y teoremas-en-acción de estudiantes del Profesorado de Física: Ondas Mecánicas.* Revista de investigación. N° 59. Disponible en: https://dial net.unirioja.es/descarga/articulo/2117345.pdf

Andrés, M. y Buitrago, C. (2014) Empoderándonos de los significados sobre energía en ambientes educativos no formales. *Investigaciones en Ensino de Ciencias,* 19(3), pp. 657-672. Disponible en: https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/124

Buitrago, C. (2012) *Complementariedad de los medios didácticos para el dominio teórico de la física* (Trabajo de Maestría) Universidad Pedagógica Experimental

Libertador. Disponible en: http://sisbiv.bnv.gob.ve/cgi-bin/koha/opac.pdf

Lemke, J. (1993) *Talking Science language, learning and values.* Ablex Publishing Corporation: NJ

Moreira, M. A. (2005) Aprendizaje significativo crítico (Critical meaningful learning) Indivisa. *Boletín de Estudios e Investigación*, núm. 6, 2005, pp. 83-102, La Salle Centro Universitario España. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/771/77100606.pdf

Perelman, Ch., y Olbrechts-Tyteca, L. (1989) *Tratado de argumentación. La nueva retórica*. Madrid: Gredos

Vergnaud, G. (1990) Quleques problémes théoriques de la didactique a propos d´ un exsample: los estructures additives. Atellier International d´ete. Recherches en didactique de la physique. La londe des Maures, Francia 26 junio al 13 de julio de 1983. Disponible en https://www.if.ufrgs.br/~moreira/vergnaudespanhol.pdf

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las tres estudiantes por su disposición a participar en el estudio reportado, a pesar de las condiciones en las cuales se desarrolló el período académico.