HABILIDADES COGNITIVAS, METACOGNICIÓN EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE FÍSICA

COGNITIVE SKILLS. METACOGNITION AND SOLVING PROBLEMS OF PHYSICS

Tellez Ortega Neyra
https://orcid.org/0000-0002-0747-9208
tellezneyra@gmail.com
ntellez@unet.edu.ve
Sanabria Cárdenas Irma Zoraida
https://orcid.org/0000-0002-7552-594X
irmazsanabria@gmail.com
Hernández Díaz Hermes Ricardo
0000-0002-0828-4488
hrh007@gmail.com

Universidad Nacional Experimental del Táchira. Decanato de Investigación. San Cristóbal, Estado. Táchira. Venezuela.

RESUMEN

Las aulas universitarias evidencian problemas que, a pesar de los avances tecnológicos, afectan a los estudiantes y no han sido remediados en gran medida, como aquellos referidos al aprendizaje de la física. Los estudiantes de la Universidad Nacional Experimental del Táchira no escapan a esta realidad, pues los estudios allí realizados confirman: un manejo inapropiado de algunas habilidades de pensamiento necesarias para el aprendizaje de la física, dificultades para la comprensión de situaciones abstractas, captar la globalidad de una situación y establecer relaciones entre conceptos, además el proceso de resolución de problemas (PRP) que siguen es automatizado y poco efectivo. Por ello, se planteó una investigación orientada a desarrollar un material instruccional para favorecer estos procesos de pensamiento y se formuló como uno de los objetivos diagnosticar las dificultades relacionadas con las habilidades cognitivas y metacognitivas requeridas por el estudiante cuando resuelve problemas de física. El estudio correspondió a un proyecto factible, que en su etapa de campo se abordó con un enfoque cualitativo. La información se recabó con: materiales especialmente diseñados, entrevistas semiestructuradas y un reporte de la investigadora. Se da cuenta de la caracterización del PRP llevado a cabo por estudiantes de Física I. Los resultados señalan que, en su mayor parte, ante una situación problemática los estudiantes: (a) tienen dificultades para predecir el fenómeno físico; (b) hacen uso inapropiado de los principios físicos; (c) se limitan a verificar resultado obtenido al final del PRP; (d) desestiman el uso de un sistema de referencia, diagramas de cuerpo libre; (e) exhiben un uso limitado de su metacognición, revelado por la falta de acciones para controlar y evaluar su PRP.

Palabras clave: habilidades cognitivas, metacognición, resolución de problemas de física.

ABSTRACT

University classrooms continue to show problems that, despite technological advances, affect students and have not been remedied to a large extent, such as those related to learning physics. The students of the Universidad Nacional Experimental del Táchira do not escape this reality, since the studies carried out there show: an inappropriate management of some thinking skills necessary for learning physics, difficulties in understanding abstract situations, grasping the whole of a situation and establish relationships between concepts, in addition the problem solving process (PRP) that they follow is automated and ineffective. For this reason, an investigation aimed at developing an instructional material to favor these thought processes was proposed and it was formulated as one of the objectives to diagnose the difficulties related to the cognitive and metacognitive abilities required by the student when solving physics problems. The study corresponded to a feasible project, which in its field stage was approached with a qualitative approach. The information was collected with: specially designed materials, semi-structured interviews and a report from the researcher. An account is given here of the characterization of the problem-solving process carried out by Physics I students. The results indicate that, for the most part, when faced with a problematic situation, students: (a) have difficulties in predicting the physical phenomenon; (b) make inappropriate use of physical principles; (c) they are limited to verifying the result obtained at the end of the PRP; (d) reject the use of a reference system, free body diagrams; (e) they exhibit a limited use of their metacognition, revealed by the lack of actions to control and evaluate their PRP.

Keywords: cognitive skills, metacognition, physics problem solving.

INTRODUCCIÓN

Es conocida la imposibilidad de lograr desarrollo tecnológico en ausencia del soporte que ofrecen las ciencias naturales, subyace en esa afirmación la importancia de formar ingenieros con dominio en estas áreas en especial de la Física. De allí que, el aprendizaje en este campo del conocimiento es tema de interés de investigadores y docentes, de ello da cuenta la variedad de estudios presentados en congresos y revistas especializadas. Desde finales del siglo pasado en el país, respecto del aprendizaje de las ciencias básicas, se ha observado un bajo desempeño en los estudiantes (Ramírez de M., 1995; Cunto de San Blas y Planchart, 1995; González, 1997 y 2002; Quintero, 2010; Sanabria, 2012; López, 2017; Montiel, Delgado y Fernández, 2020). Razón por la que en el interior del grupo de investigación *La Creatividad en la Enseñanza de la Física* (de la Universidad Nacional Experimental del Táchira, UNET, y al cual pertenecen los autores de este reporte) se han realizado investigaciones en la búsqueda de dar solución a algunas de las causas que dificultan el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física.

Estos aspectos han sido motivo para estudiar la forma en la que el estudiante aprende y las habilidades que debe desarrollar para lograr un aprendizaje de la Física (Aspeé, 2003; Quintero, 2010), también se ha centrado la atención en el profesor como mediador del proceso de enseñanza-aprendizaje de esta ciencia (Ramírez de M.; 2003) y en proponer vías que conjuguen las nuevas tecnologías y el desarrollo de las habilidades cognitivas para el aprendizaje de la física (Sanabria, 2012), además de una variada gama de estrategias orientadas a facilitar el aprendizaje de esta ciencia. Sin embargo, al revisar la forma en la que los estudiantes resuelven situaciones problemáticas de física se observa que no es la más adecuada (Sanabria, Gisbert, Ramírez de M., Téllez, Quintero y Escalante, 2009; Quintero, 2010).

Al prestar atención al desempeño de los estudiantes cuando se enfrentan al proceso de resolución de problemas (producto de la experiencia directa al observar a lo largo de doce semestres este accionar), se encuentra que la mayoría intenta resolverlos sin tener idea de qué trata el problema, qué conceptos o leyes están involucrados en la solución, cómo podrían lograr la solución y qué se puede obtener de ella, etc. Esta situación se complica aún más cuando los estudiantes asumen este proceso como la mera aplicación de una fórmula (modo en que los estudiantes se refieren a las ecuaciones o a modelos matemáticos), es decir, que lo hacen de forma superficial sin tomarse tiempo para hacer una revisión de cómo realizan ese proceso. Con la intención ofrecer aportes que le ayudaran al estudiante a mejorar este proceso, se desarrollaron dos investigaciones. Una orientada a que el estudiante explorara, mediante mapas conceptuales, la forma en que maneja sus habilidades para resolver problemas de Física (Ramírez de M., Sanabria, Téllez, Quintero y Aspée, 2012), y la otra estudió, con el apoyo de mapas conceptuales construidos por el profesor, la forma en la que el mismo docente enfrenta el proceso de resolución de problemas de Física (Ramírez de M., Aspée, Sanabria y Téllez, 2012). A pesar que esos trabajos reflejaron resultados alentadores, las dificultades relacionadas con el manejo de este proceso son de gran complejidad y por tanto su solución no es simple ni única, debido entre otras razones a las características individuales del estudiante.

En la búsqueda de ayudar a que el estudiante logre un desempeño efectivo de su proceso de resolución de problemas, y por tanto de su aprendizaje de la física, surgió como investigación diseñar un problemario de Física I en formato digital, dirigido a los estudiantes de la UNET, que propicie el desarrollo de la metacognición en el proceso de resolución de problemas. Esa investigación requirió ahondar en el estudio de las dificultades que se presentan en los estudiantes en el momento de enfrentarse a una situación problemática (SP), por lo que fue necesario realizar una investigación de campo para Diagnosticar las dificultades relacionadas con las habilidades cognitivas y metacognitivas requeridas por el estudiante cuando resuelve problemas de física. Este reporte da cuenta de los hallazgos encontrados en esta fase de diagnóstico.

MARCO TEÓRICO

Las habilidades cognitivas (también llamadas estrategias cognoscitivas) son los procesos de pensamiento propios del estudiante que operan para (a) guiar su atención, aprendizaje, recuerdo y pensamiento; (b) realizar una tarea, adquirir y recordar información; (c) expresar, manejar y construir el conocimiento (Gagné, 1987; Ramírez de M, 2003; Reed, 2007; Ballesteros, 2014). La literatura señala que es posible el desarrollo de las habilidades cognitivas de forma intencionada, esto resulta muy importante pues el docente para ayudar al estudiante, en la construcción de su propio conocimiento, puede planificar una serie de acciones orientadas a promover en él el desarrollo o la adquisición de alguna habilidad cognitiva.

Respecto del aprendizaje de la física se sabe que estas habilidades son fundamentales en la adquisición del conocimiento y corresponden a diferentes procesos con una amplia gama de ellos. En tal sentido, Aspee (2003) apoyado en el trabajo de Bloom presenta una taxonomía de habilidades cognitivas básicas para el aprendizaje de la física y propone como habilidades la memorización, comprensión, aplicación, análisis, síntesis, evaluación y la metacognición. El autor considera a este grupo de habilidades cognitivas como básicas para aprender Física y propone para ellas definiciones operacionales.

Los estudios de Ramírez de M. (2003) y de Quintero (2010) explican que cuando se aborda un problema se pone de manifiesto este grupo de habilidades cognitivas básicas o una combinación estas habilidades. La ejecución de estas habilidades está condicionada por las experiencias previas y habilidades propias del estudiante.

Quintero (2010) visualiza a este grupo de habilidades como un hexagrama de habilidades con características hologramáticas, que coexiste en el espacio mental del estudiante, con otros pensamientos (aquellos relacionados con problemas de la vida diaria, problemas de la física, etc.), y que es un pensamiento que se repite indefinidamente (de allí su propiedad hologramática) conteniendo la información del todo. La misma autora señala que las habilidades cognitivas no responden a las leyes de la causalidad, sino que tienen características de sistemas dinámicos no lineales. Estos planteamientos son relevantes, pues se cree que las habilidades cognitivas básicas para el aprendizaje de la física, son únicas para cada estudiante pues depende de su estructura cognitiva, operan en cada una de las fases del proceso de resolución y su aparición no corresponde a una secuencia u orden específico, sino que se presentan en conjunto y en algunos casos es difusa la diferenciación absoluta de cuál se está usando al enfrentar una situación problemática.

Entre las habilidades cognitivas se encuentra como habilidad de orden superior, la metacognición y es la que reviste mayor importancia dentro del proceso de construcción del conocimiento. La metacognición es el conocimiento referido al propio conocimiento y al conocer, es la conciencia del propio aprendizaje y el control que ejecuta sobre este proceso, es el conocimiento del proceso cognitivo propio (Novak y Gowin, 1988; Gunstone, 1992; Benjafield, 1997). Esta metahabilidad se caracteriza por la existencia del conocimiento (conciencia, saber, cognición) del propio conocimiento, así como de los procesos implicados en la construcción de ese conocimiento, su control y regulación, de ahí lo relevante de la metacognición en el proceso de aprendizaje.

Aspee (2003) resalta el papel de la metacognicion en el aprendizaje de la física pues le facilita al estudiante examinar, controlar y regular la ejecución de sus habilidades cognitivas básicas de manera que puede lograr mejores resultados en la construcción de su propio conocimiento. Es decir que facilita al estudiante el desarrollo de su capacidad de aprender a aprender y aprender a pensar.

La resolución de problemas es primordial en el desarrollo de cualquier actividad de la cotidianidad, educativa, profesional, incluso recreativa. de ahí la relevancia del tema. Este proceso demanda del individuo una serie de habilidades, además de una estrategia de resolución que generalmente no conduce a una respuesta rápida e inmediata (Gaulin, 2001). Resolver problemas según Nickerson (1990) involucra un conjunto de habilidades cognitivas y acciones dirigidas hacia la ejecución de tareas que son realizadas por el individuo y comprenden desde el reconocimiento del problema hasta la solución del mismo. Poggioli (2005) considera que la resolución de problemas implica una serie de acciones mentales y conductuales relacionadas con conjunto de factores cognoscitivos, afectivos y motivacionales. Estos planteamientos coinciden en que la resolución de situaciones problemáticas es un proceso cognitivo de gran complejidad, en el que se hacen presentes los factores cognitivos, conductuales y emocionales, por ello se resulta esencial tomar conciencia sobre las distintas acciones llevadas a cabo a lo largo del mismo, pues esta toma de conciencia por parte del estudiante ayudará a la mejora de su aprendizaje y un buen resolutor de problemas.

Respecto de la resolución de problemas de la física Quintero (2010) indica que los patrones individuales de resolución de problemas seguidos por los estudiantes, están marcados por las emociones y los sentimientos, y esto afecta su desempeño. Esos planteamientos indican que resolver un problema no solo consiste en la puesta en práctica de un conjunto de habilidades cognitivas y en la ejecución de un algoritmo sino que, además, el proceso está afectado por la motivación y las emociones del individuo.

La literatura señala que la resolución de problemas es regulada por los procesos metacognitivos, puesto que la metacognición abarca todo el proceso de resolución de problemas y no una parte de él. Se considera aquí que el proceso de resolución de problemas no es un proceso lineal, sino que requiere en cada una de sus fases ser controlado y evaluado de manera recursiva por propio estudiante, de manera que logre un desempeño efectivo de su accionar en el proceso de resolución de problemas.

METODOLOGÍA

El estudio siguió una modalidad de proyecto factible (Manual UPEL, 2008) en sus primeras tres etapas, puesto que se busca contribuir en la solución de las dificultades que tienen los alumnos de Física I, en afrontar resolución de problemas de forma efectiva. De allí que el desarrollo de esa investigación siguió de la siguiente manera (ver Figura 1):

- Etapa 1, diagnóstico. Orientada a determinar las principales dificultades de los estudiantes de física en la resolución de problemas y algunas de las habilidades cognitivas importantes en ese proceso.

- Etapa 2, diseño del material instruccional. Los hallazgos encontrados en la Fase 1, permitieron establecer lineamientos de diseño del material. Tanto en el proceso de diseño como en la evaluación del problemario se siguió la metodología del diseño instruccional de Derek

Rowntree en adaptación de Ramírez de M. (2011). Se realizó la evaluación del problemario por parte de un grupo de evaluadores (un experto en habilidades cognitivas, dos expertos en contenidos y un experto en diseño instruccional). Se incorporaron al problemario aquellos comentarios y recomendaciones que surgieron en la revisión de expertos, esto permitió mejorar sustancialmente la calidad del material diseñado

- Etapa 3, sobre la viabilidad y realización del proyecto. La determinación de la viabilidad de la propuesta se estudió de acuerdo con los planteamientos de Hernández (s/f) quien orienta en relación con la factibilidad institucional, la técnica y la social, para ello en uno de los instrumentos usados en la etapa 1 se incluyeron preguntas relacionadas con la viabilidad de la realización de la propuesta.

Por lo complejo de la investigación, en este artículo se reporta la primera etapa (Etapa1, Diagnóstico), pues corresponde al estudio de campo seguido para conocer las dificultades relacionadas con las habilidades cognitivas y metacognitivas requeridas por el estudiante cuando resuelve problemas de física.

Diagnóstico

El diagnostico correspondió a una investigación que bajo un enfoque cualitativo (Martínez, 2006), buscó conocer la naturaleza de la realidad, en toda su complejidad y de forma íntegra. En cuanto al origen de los datos, éste fue de carácter primario, puesto que la información fue tomada directamente de la realidad mediante una investigación de campo (Tamayo, 2003). Este estudio buscó una descripción objetiva de la realidad del estudiante cuando enfrenta situaciones problemáticas.

La investigación de campo fue desarrollada en la UNET, San Cristóbal, Estado Táchira, Venezuela. La UNET cuenta con carreras de ingeniería de una duración de diez semestres, la asignatura de Física I forma parte del ciclo básico de todas las carreras de ingeniería y es ofertada en el segundo semestre. Se conformó una muestra intencional y del tipo opinático (Ruiz, 2012), por lo que se logró tener acceso a una sección de 40 estudiantes, y se seleccionaron 5 de estos estudiantes para la entrevista. En cuanto a los instrumentos usados para la recolección de información estos fueron: (a) elaboración de tres problemas que sirvieron como instrumento para recabar parte de la información. (b) un guión que orientó el desarrollo de la entrevista semiestructurada, instrumento que permitió la recolección de información relevante para esta investigación; (c) un reporte de la investigadora en cuanto a lo percibido en la actividad de campo. Estos instrumentos fueron sometidos al mismo proceso de control que se sigue para los exámenes de Física I. Es decir, la revisión fue realizada por profesores de la Coordinación de Física I, encargados de examinar el primer parcial (cuatro docentes), de este modo se aseguró: (a) una redacción correcta de los instrumentos; (b) que las preguntas reflejaran lo que se quiere saber: y que no existan preguntas capciosas. Esta revisión permitió que la información recolectada fuera válida. La recolección de la información, su organización y análisis, requirió del establecimiento previo de las unidades temáticas y las correspondientes categorías de análisis, que se organizaron de acuerdo con los aspectos de interés que requerían ser observados. En la Tabla 1 se presentan las unidades y categorías de análisis.

RESULTADOS

La información recabada se hizo a partir de (a) las producciones, de los estudiantes (SP), elaboradas durante la resolución de situaciones problemáticas (que correspondió a tres problemas presentados en tres momentos distintos); (b) grabaciones de audio tomadas en entrevistas (RP) y; (c) reportes de la investigadora (RI) derivados de las observaciones de los estudiantes, mientras resolvían las situaciones problemáticas. En la Figura 2 se presenta un mapa conceptual del proceso seguido en el análisis de la información.

1. Codificación y digitalización de la información. Implicó la lectura minuciosa de la información, su digitalización (escaneo de las producciones de los estudiantes y transcripción de entrevistas y reportes) y codificación de acuerdo con las unidades temática.

2. Primer nivel de análisis y organización de información. Correspondió a un análisis de contenido de las producciones de los estudiantes, en relación con el proceso de resolución seguido, los resultados presentados, los procesos de pensamiento reportados, y los mecanismos de control y revisión realizados. De igual modo se realizó una revisión de las transcripciones de las entrevistas y del reporte de la investigadora. En este primer análisis se logró deducir, de manera general, sobre las dificultades en el PRP de Física y las habilidades cognitivas y metacognitivas presentes en los estudiantes y se incluyen aspectos que resultaron de interés, pero que habían sido previstos al inicio del estudio. La Figura 3 presenta, a modo de ejemplo, una imagen de parte de este primer nivel de análisis realizado en la revisión de la SP1

3. Segundo nivel de análisis y organización de información por categoría. Con base en el análisis anterior se procedió a relacionar la información y las inferencias realizadas para cada categoría de análisis, por ello se recurrió al uso de cuadros para cada unidad temática (según la correspondiente categoría y subcategoría), pues de este modo se podía incluir las inferencias realizadas apoyadas en las diversas fuentes de información (registros escritos y visuales de las SP, E y RI). A partir de las inferencias y reflexiones realizadas surgieron los hallazgos generales que son ubicados al final del cuadro de cada categoría. Además de las dos unidades temáticas previstas se organizó una tercera unidad temática que agrupó aspectos de interés que emergieron del análisis. La Figura 4 presenta a modo de ejemplo una imagen de cómo se estructuró mediante cuadros la información correspondiente al segundo nivel de análisis. Y seguidamente se presenta para cada unidad el análisis realizado.

Primera Unidad Temática: Proceso de Resolución de Problemas. En esta unidad se incluyen como categorías de análisis: (1) comprensión de la situación problemática; (2) planificación de solución a la situación problemática; (3) selección y aplicación del plan de solución: y finalmente, (4) obtención y evaluación de resultados. Por lo extenso que resultaría en este reporte presentar todos cuadros derivados del análisis, se presenta para esta unidad y a modo de ejemplo el análisis de la información para la subcategoría predicción y los hallazgos encontrados en la categoría de análisis comprensión de la situación problemática (Ver Tabla 2).

En cuanto al proceso de resolución de problemas, se observa que los estudiantes se basan en patrones de solución aprendidos (datos, operaciones, resultados), sin mecanismos que les ayuden a

controlar o revisar el logro de la comprensión de la SP, del proceso seguido o del resultado encontrado. Esto se relaciona con lo señalado por Santaella (2008) y por Quintero (2010) en cuanto a que los estudiantes enfrentan la solución de problemas de forma, memorística y mecánica, su accionar es impulsivo, sin tener un patrón propio para resolver problemas y en ausencia de planificación alguna.

Segunda Unidad Temática: Habilidades Cognitivas y Metacognitivas. Se incluyeron las categorías: (1) memorización; (2) comprensión; (3) aplicación; (4) análisis; (5) síntesis: (6) evaluación: y (7) metacognición. La Tabla 3 muestra el análisis realizado para las subcategorías Visualización de posibles soluciones a cambios en las condiciones del problema y Control en las habilidades cognitivas y los hallazgos derivados para la categoría metacognición.

Los hallazgos señalan un manejo inapropiado de las habilidades cognitivas básicas sobre todo en las habilidades de aplicación y análisis y un bajo nivel en las habilidades de síntesis y evaluación. En cuanto a la metacognición existe un bajo nivel de conciencia de los procesos de pensamiento que siguen lo que concuerda con Quintero (2010) en cuanto a que no son conscientes de los procesos seguidos al resolver problemas y del manejo que hacen de sus habilidades cognitivas y de la metacognición.

Tercera Unidad Temática Factores Asociados. Esta unidad resultó del surgimiento, durante análisis de la información, de algunos aspectos de interés. Estos aspectos se organizaron la *categoría elementos propios del individuo* y como subcategorías asociadas: (a) aspectos afectivos por la asignatura y (b) aspectos internos. Los hallazgos encontrados en esta categoría se muestran en la Tabla 4.

Estos resultados concuerdan con Quintero (2010) en cuanto a que los patrones individuales que siguen los estudiantes en la resolución de problemas de física están marcados por las emociones y los sentimientos, y esto acondiciona su desempeño.

CONCLUSIONES

En la física la resolución de problemas es parte esencial del proceso enseñanza-aprendizaje de esta ciencia, pues además de que es una vía para que el estudiante logre, como lo señala López (1991), construir significado de una teoría en un marco de conceptos teóricos y de operaciones asociado a esa teoría, también la resolución de problemas, mediante la ejercitación y reflexión, le permite al estudiante el desarrollo de una serie de destrezas y habilidades de pensamiento (cognitivas y metacognitvas) vinculadas a esta actividad. Por lo que este proceso, no corresponde a una metodología única, sino que es un patrón que cada estudiante construye de forma particular.

En este estudio, respecto del accionar del estudiante durante la resolución de problemas y de sus habilidades cognitivas y metacognitivas presentes, se encontró que este proceso de resolución de problemas sigue patrones aprendidos (datos-operaciones- resultado) que se reflejan por la forma en que afrontan este proceso (mecánica, casi automática e impulsiva), sin llegar a ser planificados, revisados y contrastados. Esta linealidad en los patrones que siguen, limitan su accionar y no les permiten abordar las situaciones problemáticas de forma eficiente. De allí que, resalte el hecho que la resolución de problemas es asociada por los estudiantes como la mera obtención de una respuesta numérica y no como un proceso recursivo revisión y reflexión.

Destaca además que los estudiantes, durante la resolución de una situación problemática, no son conscientes del pensamiento que siguen y que existe un manejo inadecuado de las habilidades cognitivas básicas sobre todo en las habilidades de aplicación y análisis, al igual que un bajo nivel en las habilidades de síntesis y evaluación. Por ello se les dificulta encontrar nuevas vías de solución, evaluar el proceso seguido y los resultados encontrados.

Todo esto evidencia la necesidad de que el estudiante tenga la oportunidad de tener claridad acerca de cómo el pensamiento afecta los procesos que sigue y como estos procesos le permiten un mejor desempeño al resolver un problema. También se hace necesario que el estudiante pueda tomar conciencia acerca de que el proceso de resolución de problemas no sólo se trata de dar una respuesta a una situación en concreto, sino que se debe conocer claramente qué procesos cognitivos se ejecutan durante la solución de esa situación problemática y que su adecuado manejo y regulación de sus habilidades de pensamiento (habilidades cognitivas y metacognición) le permite responder de forma eficiente a la situación planteada, y por tanto mejorar su forma de aprender física y de manejar su pensamiento.

En cuanto a los hallazgos de aspectos de naturaleza motivacional y emocional evidenciados en el estudio y que se agruparon en la categoría de factores asociados, estos hallazgos resultan de gran importancia, a juzgar por los aportes que desde las neurociencias se han venido presentando, por ello se sugiere tener presente que el estudiante además de ser un ser racional, también es un ser emocional con afectos y emociones que marcan profundamente su accionar ante una situación problemática, de aprendizaje o de su cotidianidad.

Figura1. **Etapas seguidas en la investigación. Fuente propia**

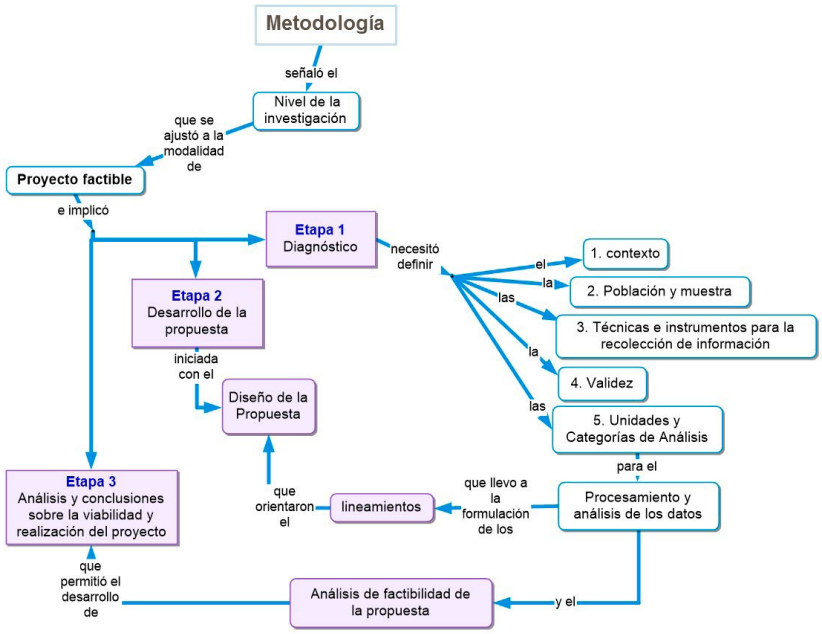


Figura 2. **Mapa conceptual del proceso seguido para el análisis. Fuente propia**

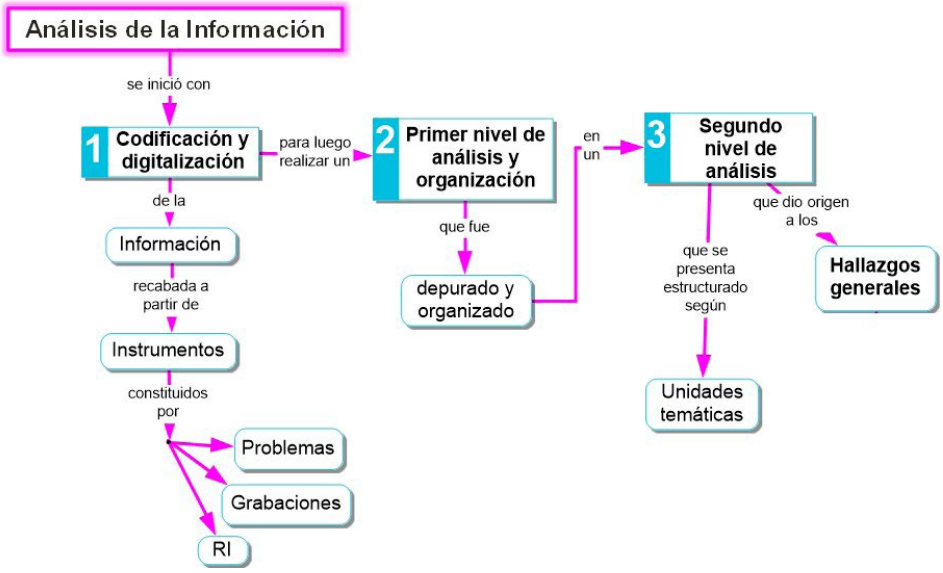
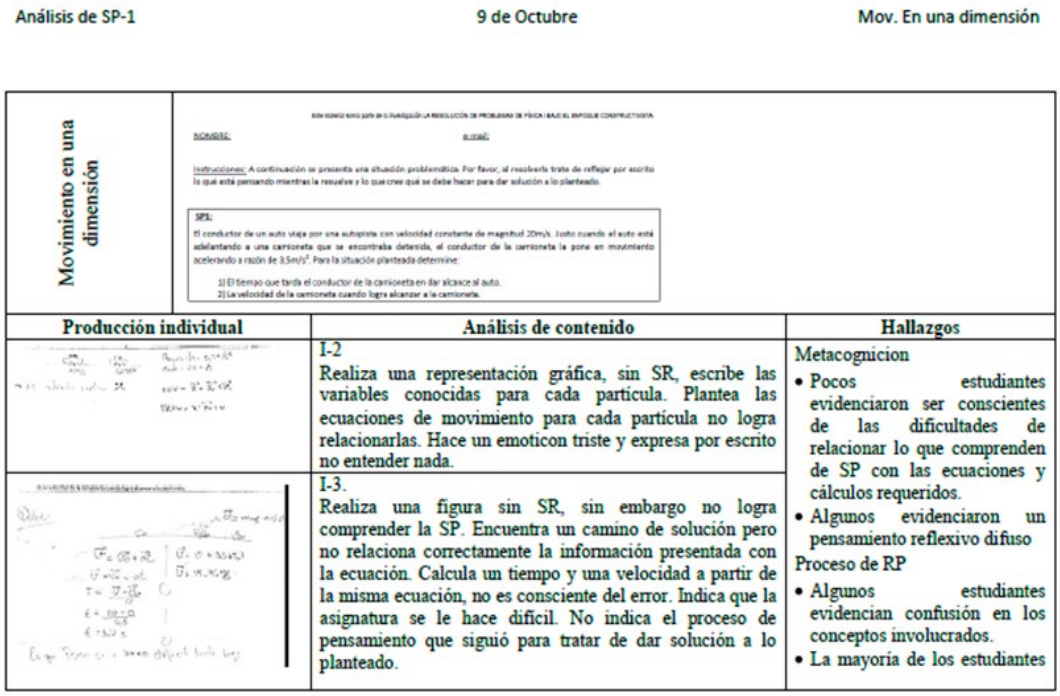


Figura 3. **Primer nivel de análisis. Fuente propia**



Análisis de SP-1 | 9 de Octubre | Mov. En una dimensión

Movimiento en una dimensión		
Producción individual	**Análisis de contenido**	**Hallazgos**
	I-2 Realiza una representación gráfica, sin SR, escribe las variables conocidas para cada partícula. Plantea las ecuaciones de movimiento para cada partícula no logra relacionarlas. Hace un emoticon triste y expresa por escrito no entender nada.	Metacognicion • Pocos estudiantes evidenciaron ser conscientes de las dificultades de relacionar lo que comprenden de SP con las ecuaciones y cálculos requeridos. • Algunos evidenciaron un pensamiento reflexivo difuso Proceso de RP • Algunos estudiantes evidencian confusión en los conceptos involucrados. • La mayoría de los estudiantes
	I-3. Realiza una figura sin SR, sin embargo no logra comprender la SP. Encuentra un camino de solución pero no relaciona correctamente la información presentada con la ecuación. Calcula un tiempo y una velocidad a partir de la misma ecuación, no es consciente del error. Indica que la asignatura se le hace difícil. No indica el proceso de pensamiento que siguió para tratar de dar solución a lo planteado.	

Figura 4. **Ejemplo de cuadro del segundo nivel de análisis. Fuente propia**

Unidad: Proceso de resolución de problemas
Categoría: Obtención y evaluación de resultados

Subcategoría: Interpretación física de la solución

Treinta y uno de los informantes lograron un resultado. De ellos, sólo seis lograron dar significado a la solución encontrada a la SP.

$V_y = V_{oy} - 9{,}8t \quad V_{oy} = V_o \operatorname{sen}(\theta)$.
$V_y = 49{,}42 \operatorname{sen}(40) - 9{,}8(2{,}06)$.
$V_y = -7{,}70$ m/s. La bola va bajando por lo que da negativo

(SP1-I19)

Subcategoría: Verificación de la predicción con la solución

De los informantes sólo tres revisaron que los resultados correspondieran a lo planteado en la SP, sin embargo cómo no se evidenció que realizaran predicciones no se verificó que contrastaran la solución con la predicción.

$x = x_o + v.t$ | $x = x_o + v_o.t + \frac{1}{2}a.t^2$
$x = 20.t\ (11{,}43)$ | $x = \frac{1}{2}.3{,}5.t^2\ (11{,}43)$
$x = 228{,}6$ m | $x = 228{,}6$ m

$20.t = 1{,}75.t^2$

$= 1{,}75.t^2 - 20t + 0$

① $t = 11{,}43$ s

(SP1-I36)

"Inv.: ... en que momento revisa lo que ha hecho?
Inf.: si me da algo muy loco...si el tiempo me da negativo yo sé que los tiempos no son negativos.
Inv.: y si el tiempo le da positivo, revisa?
Inf.: No, realmente no reviso, quizás ahí está el problema, cuando presente mate, yo hice un problema y cuando ya había salido me acorde del problema y ahí me di cuenta que lo hice mal..." (E-I30)

Hallazgos generales

La obtención y evaluación de resultados por parte de los estudiantes:

- Se basa en el logro de un resultado numérico y no en dar solución a la SP. Por ello el resultado no es interpretado, ni contrastado con la SP y con lo que se espera que ocurra.
- No es sometida a mecanismos de revisión que lleven a la ejecución de acciones remediales para el logro la solución a la SP.

Tabla 1

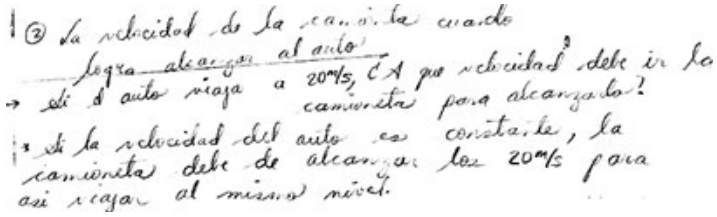
Unidades y categorías de análisis

Primera unidad: Proceso de resolución de problemas	
Categorías	**Subcategorías**
Comprensión de la Situación Problemática	• Interpretación de la situación. • Depuración de la información. • Predicción.
Planificación de solución a la Situación Problemática	• Conocimiento de conceptos/teorías/ modelos involucrados. • Determinación de condiciones iniciales. • Consideración de cálculos a realizar. • Relación modelos- variables. • Interpretación de conceptos/teorías/ modelos involucrados.
Selección y aplicación del plan de solución	• Aplicación de modelos o ecuaciones • Obtención de parte de solución • Verificación del ingreso de datos en ecuaciones
Obtención y evaluación de resultados	• Obtención de soluciones. • Posibilidad de descartar soluciones. • Interpretación física de la solución. • Verificación de la predicción con la solución.

Segunda unidad: Habilidades cognitivas y metacognitivas	
Categorías	**Subcategorías**
Memorización	• Conocimiento de conceptos, teorías, leyes. • Conocimiento de la solución y /o de la forma de resolver el problema.
Comprensión	• Interpretación de SP en distintas formas de lenguaje. • Representación de la SP en figuras, palabras propias, imágenes mentales. • Conocimiento del significado de los conceptos involucrados.
Aplicación	• Ubicación de la SP en el contexto de la física y del tema correspondiente. • Utilización de conceptos, leyes, teorías o modelos resolutivos.
Análisis	• Establecimiento de relaciones entre conceptos involucrados. • Conocimiento de posibles causas que originan la SP. • Establecimiento de predicciones de lo que pueden pasar en la SP que se analiza.
Síntesis	• Elaboración de un gráfico y/o ecuación modelando la SP. • Elaboración de una vía alternativa de solución.
Evaluación	• Valoración entre una respuesta definitiva o parte de la solución. • Depuración de respuestas que no conducen a la solución. • Comparación de procedimientos orientados a la solución de la SP.
Metacognición	• Conocimiento de HC usadas para resolver problemas • Conciencia de las fases o pasos que sigue en la solución • Reflexión sobre su accionar en la RP • Conciencia sobre cómo evalúa el camino para la RP • Conciencia sobre cómo evalúa la solución obtenida • Visualización de posibles soluciones a cambios en las condiciones del problema • Control en las HC

Tabla 2

Hallazgos para la categoría comprensión de la situación problemática

	Subcategoría: Predicción
Unidad: Proceso de resolución de problemas **Categoría:** Comprensión de la Situación Problemática	Siete, de los treinta y nueve, informantes trataron de realizar un análisis cualitativo de la SP, sólo dos de ellos llegaron a predecir lo que ocurriría. No todos los análisis eran físicamente correctos, pues algunos se sustentaban en creencias y preconcepciones erróneas de la física. "Por lógica la camioneta no debe demorar mucho en alcanzar el auto ya que: 1.- El auto no varía su velocidad 2.- La camioneta va a ir aumentando la velocidad hasta pasarlo. Y la velocidad de la camioneta será mucho mayor que la del auto" (SP1-I4)  ③ La velocidad de la camioneta cuando logra alcanzar al auto → si el auto viaja a 20m/s, ¿A qué velocidad debe ir la camioneta para alcanzarlo? * Si la velocidad del auto es constante, la camioneta debe de alcanzar los 20m/s para así viajar al mismo nivel. (SP1-I15)
Hallazgos generales	

En cuanto a la comprensión de la situación problemática (SP), se concluye que:

- Para interpretar la SP los estudiantes se basan en patrones de solución aprendidos "leer" y "sacar datos", luego realizan una representación gráfica para tratar de mejorar su comprensión de lo que ocurre.
- En cuanto al manejo de la información presentada en la SP, se observa que los estudiantes la ubican toda en una lista, sin revisar qué información conduce a la solución.
- Se evidenció que los estudiantes carecen de mecanismos que les ayuden a controlar o revisar el logro de la comprensión de la SP.
- Se evidencia que los estudiantes discriminan sobre qué conceptos, teorías o leyes podrían estar involucrados en la solución de la SP.
- Los alumnos no hacen un análisis cualitativo, ni predicciones de lo que puede ocurrir.

Tabla 3

Hallazgos derivados para unidad temática: habilidades cognitivas y metacognitivas, en la categoría metacognición

Unidad: Habilidades Cognitivas Y Metacognitivas **Categoría:** metacognición	**Subcategoría**: Visualización de posibles soluciones a cambios en las condiciones del problema
	Ningún informante se plantea posibles cambios en la SP que conlleven a nuevos cálculos o nuevos planteamientos en la solución de la SP. *"Inv.: ¿y después que termina el problema, Ud. revisa o se pregunta en que pasa si cambia una condición del problema? O… ¿qué pasa si le preguntan algo que no estaba en el problema?* *Inf.: no profe, lo termino y paso a otro, pero no, no lo hago" (E-I30)*
	Subcategoría: Control en las HC
	No se evidenció que los informantes fuesen conscientes del uso de habilidades cognitivas en la resolución de problemas. Sólo un informante sabía que existen algunas habilidades para el aprendizaje de la física, del grupo de habilidades únicamente le daba importancia a la memorización. *"Inv.: ok hablemos de esa habilidad cognitiva…la memorización, ¿cómo sabe que la está usando adecuadamente cuando resuelve un problema?* *Inf.: no sé, solo trato de acordarme de lo que decía en tarjeta, pero nada más" (E-I15)*
Hallazgos generales	
En relación con a la metacognición se encuentra que los estudiantes: • No son conscientes de las habilidades básicas para el aprendizaje de la física, por lo tanto no logran controlar la puesta en acción de estas habilidades. • No son conscientes de las fases ni de las acciones que siguen mientras resuelven problemas. • No realizan una evaluación del camino de solución que siguen para dar solución a una SP. • No realizan una revisión de la solución obtenida, a menos que el resultado contradiga sus preconcepciones o creencias. • No tienen expectativas sobre la SP planteada.	

Tabla 4

Hallazgos derivados para la unidad temática Factores Asociados

	Subcategoría: Aspectos afectivos por la asignatura
Unidad: factores asociados **Categoría:** elementos propios del individuo	Del total de informantes, sólo dos manifestaron que sentían animadversión por la física. *"Se me dificulta ver lo que hay que hacer* *No entiendo el problema* *No me gusta la materia* *De todas las asignaturas esta es la que me cuesta trabajo"* (SP1-I32) *"Es que fisica se me hace dificil"* (SP1-I3) Uno de los informantes indicó sentir malestar por la forma en la que estaba presentada la información. *"Planteamiento de los problemas tienden a ser confusos-describen movimiento de caída libre y piden movimiento de proyectiles"* (SP2-I42).
	Subcategoría: Aspectos internos
	Se observó que dos de los estudiantes no estaban interesados por dar solución a la SP si no existía una *recompensa al logro*. *"profe…¿cuánto vale esta actividad?... porque si no tiene puntos ¿para qué la hago?"* (RI, jueves 9/10/14). Tres de los informantes *no se sentían motivados a mejorar su desempeño* en la resolución de problemas. *"¿no entiendo qué quiere que haga eso de escribir lo que pienso? No veo que eso me sirva?"* (RI, jueves 13/10/14). *"no entendí como hacerlo " (*SP1-I45) Uno de los estudiantes manifestó que *el tiempo* dado para resolver las situaciones planteadas no es suficiente. *"Inv.: … y en la actividad de proyectiles…¿por qué no la terminó?* *Inf.: profe es que en una hora queda difícil resolverlo, es muy poco tiempo"* (E-I30) Uno de los informantes indicó que no lograba entender ni dar solución a la SP porque los *problemas personales* que enfrentaba no le permitían comprender qué estaba sucediendo. *"Trato de concentrarme ya q` tengo un problema personal, sé que los problemas son aparte del estudio pero en este momento se me es muy difícil y estoy haciendo lo posible*" (SP1-I4) Dos de los informantes evidenciaron *sentir frustración* por no lograr comprender la SP o por no lograr dar respuesta a la situación planteada. "*no entendí nada* ☹ *"* (SP1-I2)
	Hallazgos generales
Se infiere que a los estudiantes: • Se les dificulta administrar el tiempo que dedican a resolver la SP. • Se sienten desmotivados a mejorar su proceso de resolución de problemas. • Las emociones, sentimientos y preocupaciones les bloquean y limitan su desempeño en la resolución de problemas. • Les parece importante ser recompensados por el logro o el esfuerzo invertido.	

REFERENCIAS

Aspée, M. (2003). *La Metacognición en los Tiempos del Caos*. Tesis Doctoral. Universidad Santa María. Caracas.

Ballesteros, S. (2014). *Habilidades cognitivas básicas: Formación y deterioro*. Madrid: Ediciones UNED.

Benjafield, J. (1997). *Cognition.* New Jersey: Prentice Hall.

Cunto de San Blas, G. y Planchart, E. (1995). La Enseñanza de la Ciencia en Venezuela: Un Reto al Futuro. *Gaceta Médica*, 103 (3). Venezuela: Ateproca.

Gagné, R. (1987). *Las condiciones del aprendizaje*. México: Interamericano.

Gaulin, C. (2001). Tendencias actuales de la resolución de problemas. *Sigma*, 19, pp.51-63.

González, F. (1997). *Procesos Cognitivos y Metacognitivos que Activan los Estudiantes Universitarios Venezolanos cuando Resuelven Problemas Matemáticos*. Tesis Doctoral no publicada. Universidad de Carabobo. Valencia.

González, F. (2002). El Decálogo del Resolvedor Exitoso de Problemas. *Investigación y Postgrado*, 17 (1), Caracas abril. 2002.

Gunstone, R. (1992). *Construtivism and Metacognition: theoretical issues and classroom studies. Proccedings of research in physics Learning: Theoretical Issues and Emperical Studies*. Alemania: University of Kiel.

López, J. (2017). *Constructivismo como plataforma epistémica en didáctica alternativa en resolución de problemas matemáticos***.** Tesis doctoral. Universidad de Carabobo. Valencia

Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador. (2008). Caracas: FEDEUPEL.

Martínez, M. (2006). La investigación cualitativa (síntesis conceptual), *Revista en Investigación en psicología,* 9(1), 123-146

Montiel, G., Delgado, M., y Fernández, I. (2020). La V de Gowin y el desarrollo de esquemas de conocimiento en Física, *Encuentro Educacional*, 24(1,2,3), pp. 98-109. Disponible en: https://produccioncientificaluz.org/index.php/encuentro/article/ view/32607

Nickerson, R. (1990). Dimensions of thinking: A critique. En B. Jones y L. Idol (Eds.), *Dimensions of thinking and cognitive instruction* (pp. 495-510). Hillsdale: LEA.

Novak, J. y Gowin, D. (1988). *Aprendiendo a Aprender*. Barcelona: Martínez Roca

Poggioli, L. (2005). *Estrategias de resolución de problemas*. Caracas: Publicaciones FP.

Quintero, A. (2010). *Desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas de estudiantes universitarios para el aprendizaje de la física*. Tesis Doctoral. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Rubio.

Ramírez de M., M. (1995). *Una Estrategia Constructivista para el Desarrollo de Habilidades de Pensamiento Científico*. Trabajo de ascenso no publicado. Universidad Nacional del Táchira UNET. San Cristóbal.

Ramírez de M., M. (2003). *Desarrollo de habilidades cognitivas en docentes universitarios: en la búsqueda de un camino para su comprensión y mejoramiento*. Tesis Doctoral. Universidad Santa María. Caracas.

Ramírez de M., M. (2011) *Adaptación del Modelo de Derek Rowntree para el Diseño de Experiencias de Aprendizaje*. Material mimeografiado. Curso de Diseño Instruccional I. Maestría en Enseñanza de las Ciencias Básicas. UNET. San Cristóbal

Ramírez de M, M., Sanabria, I., Aspeé M., y Tellez, N. (2012). *Resolución de problemas de física: averígüese con mapas metacognitivos Lo que el profesor ya sabe…y que aprenda en consecuencia*. V Congreso Internacional de Mapas Conceptuales. Malta, Sep 2012. Disponible en: http://cmc.ihmc.us/cmc2012papers/ cmc2012-p88.pdf

Ramírez de M, M., Sanabria, I., Tellez, N., Aspeé M., y Quintero, A. (2012). *El Mapa Metacognitivo para organizar y orientar la Resolución de Problemas*. San Cristóbal, Abril 2012. Congreso Regional UCAT.

Reed, S. (2007). *Cognition. Theory and Applications.* USA: Thomson Wadsworth

Ruiz O., J. (2012). *Metodología de la Investigación Cualitativa*. Bilbao: Universidad de Deusto.

Sanabria, I. (2012). *El aprendizaje de Física I en entornos tecnológicos. Un modelo de formación blended learning basado en el desarrollo de habilidades cognitivas básicas. Tesis Doctoral*. Tarragona: Universitat Rovira i Virgili.

Sanabria, I., Gisbert, M., Ramírez M., M., Tellez, N., Quintero, A. y Escalante, H. (2009). Diagnóstico inicial de habilidades cognitivas básicas para el aprendizaje de Física I y competencias. *Memorias del XII Congreso Internacional EDUTEC* 2009. Manaus, Brasil, Septiembre

Santaella, J. (2008). Aproximación Teórico-Conceptual de los Procesos Cognitivos y Metacognitivos implicados en la Resolución de Problemas Matemáticos. *Revista Faces.* Disponible: http://servicio.bc.uc.edu.ve/faces/ revista/a15n25/15-25-4.pdf.

Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica, incluye evaluación y administración de proyectos de investigación.* México: Limusa