

Heurística en la enseñanza: Determinación creativa de problemas de investigación

José Ricardo Díaz Caballero

correo electrónico: joser@gest.cujae.edu.cu

Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba

Artículo Original

Elena Rubido Rodríguez

correo electrónico: elenita@imre.uh.cu

Instituto en Ciencia y Tecnología de los Materiales, Universidad de La Habana, Cuba

Resumen

Un momento esencial del proceso de investigación es *determinar de forma clara y precisa el problema a investigar*. La asunción cabal de la perspectiva que se propone en estas páginas presupone romper todo un conjunto de barreras mentales y prácticas que, más que favorecer, obstaculizan la actividad investigativa productiva de los estudiantes en su formación no solo durante la enseñanza media y preuniversitaria, sino también de pregrado y posgraduada. Esta es, por supuesto, una tarea colectiva, que trasciende en mucho el objetivo del presente trabajo, cuyo propósito es esbozar un conjunto mínimo de ideas sobre la heurística y lógica del proceso de determinación de los problemas científicos, empleando como material de análisis algunos ejemplos de Física habituales en la enseñanza media y preuniversitaria hasta la universidad.

Palabras claves: heurística, metodología de investigación científica, situaciones problema, problema de investigación, enseñanza

Recibido: 12 de abril del 2016 Aprobado: 6 de julio del 2016

INTRODUCCIÓN

La inmensa mayoría de las personas identifica el problema de investigación con la situación problema pagando por ello un elevado precio que se traduce en pérdida de tiempo, de recursos mentales, materiales, financieros y, lo que es más lamentable, el fracaso en el proceso investigativo.

Un momento esencial del proceso de investigación es, *determinar de forma clara y precisa el problema a investigar*. Sin embargo, ¿cómo generar en los estudiantes habilidades sólidas para identificar problemas si ya estos reciben los problemas “preparados” por el profesor? Es cierto que trabajar con las situaciones problema imprevistas que detectan individualmente los estudiantes es un reto para el docente, pues tiene que desarrollar habilidades para identificarse y “meterse dentro” de la situación problema de cada cual. No obstante, después de

los primeros inconvenientes que tal proceder presupone, la experiencia resulta muy interesante y grata. El profesor deja de ser el “show” exclusivo de la clase para compartir este rol con los estudiantes.

Hoy día la investigación, desde que se concibe la idea, es un proyecto que requiere del concurso de múltiples actores sociales y recursos para llegar a un feliz término [1]. Todo lo dicho justifica la necesidad de una educación científica que integre la investigación con la lógica y metodología del conocimiento, las técnicas de creatividad y los métodos participativos de enseñanza, entre otros ámbitos. Esta es, por supuesto, una tarea colectiva, que trasciende en mucho el objetivo del presente trabajo, cuyo propósito es esbozar un conjunto mínimo de ideas sobre la heurística y lógica del proceso de determinación de los problemas científicos, empleando como material de análisis algunos ejemplos de física habituales en la enseñanza media y preuniversitaria hasta la universidad.

Es imposible en la actualidad, una educación científica que no sea una educación dialéctica, participativa y, ante todo, heurística, en calidad de proceder para estimular el pensamiento productivo creador [2].

LA SITUACIÓN PROBLEMA

El proceso de investigación comienza, mucho antes de que se formule el problema a investigar, con una suerte de incitación o provocación de la realidad ante el sujeto de investigación. Frecuentemente, esa provocación se realiza a través de ideas que surgen de variadas fuentes como, por ejemplo, observaciones de hechos de la realidad, materiales escritos (libros, revistas, etc.), teorías, descubrimientos producto de investigaciones, experimentos impactantes [3,4], tareas docentes o laborales a resolver, necesidades de la práctica, conversaciones y otras experiencias personales, creencias e incluso presentimientos. En resumidas cuentas, la investigación se inicia con la detección o percepción de una *situación problema*; es decir, de algo que sucedió o sucede en la realidad que exige una corrección, un cambio o una explicación.

Hay que señalar que la fuente que origina la idea de una investigación no determina la calidad de la misma. “El hecho de que un estudiante lea un artículo científico y extraiga de él una idea de investigación no implica que esta sea mejor que la de otro estudiante que la obtuvo mientras veía una película o un juego de béisbol en la televisión. Estas fuentes pueden generar ideas, cada una por separado o conjuntamente. Por ejemplo, alguien puede ver sucesos de violencia en los estadios de fútbol al asistir a varios partidos y de ahí comenzar a desarrollar una idea para efectuar una investigación. Después de platicar su idea con algunos amigos y precisarla un poco más o modificarla; posteriormente puede leer información al respecto en revistas y periódicos hasta que llegue a consultar artículos científicos sobre violencia, pánico colectivo, muchedumbres, psicología de las masas, eventos deportivos masivos, etcétera” [5].

La capacidad inherente a un individuo de detectar o percibir situaciones problema no es algo dado en un mismo grado en todos los seres humanos. De hecho es una capacidad que se encuentra más potenciada en unos que en otros. Son innumerables los casos de personas que vieron situaciones problema allí donde el resto nunca vio nada, inclusive, algunos tuvieron que esforzarse durante años para que los demás adquirieran conciencia de que realmente existía una situación problema.

Entre los inventores esto es cosa frecuente. “Muchos titulares de patentes pertenecen a la categoría de los soñadores que reiterada, entusiástica e ingeniosamente ofrecen soluciones a problemas que principalmente le interesan a ellos” [6].

La constatación de hechos como estos entra en contradicción con cierta tendencia bastante extendida hoy día, a sobrevalorar el papel de las necesidades humanas en la detección de situaciones problemáticas. Tal pareciera como si los seres humanos detectaran solo aquello que necesitan, lo cual es cierto solo en parte. La situación problema asociada a la invención del motor de combustión interna, por ejemplo, no estuvo asociada a una necesidad esencial. En relación con ello George Basalla escribe: “A veces se nos dice que los automóviles son absolutamente esenciales, pero el automóvil tiene apenas un siglo de historia. Los hombres y mujeres conseguían llevar una vida plena y feliz antes de que Nikolaus A. Otto inventara en 1876 su motor de combustión interna de cuatro tiempos.

La indagación de los orígenes del vehículo propulsado con motor de gasolina revela que no fue la necesidad lo que impulsó a sus inventores a completar su tarea. El automóvil no se desarrolló en respuesta a una grave crisis internacional relacionada con el caballo o la escasez de caballos. Los líderes nacionales, pensadores influyentes y editorialistas no estaban demandando una sustitución del caballo, ni tampoco los ciudadanos de a pie esperaban ansiosamente que algunos inventores llenaran alguna vez la grave necesidad social y personal del transporte motorizado. De hecho, durante la primera década de vida, de 1895 a 1905, el automóvil fue un juguete, un capricho para los que podían permitirse comprarlo.

El camión fue aceptado aún más lentamente que el automóvil. El éxito del transporte militar por camión en la primera guerra mundial, unido a una intensa presión por parte de los fabricantes de camiones y del ejército después de la guerra, determinó el desplazamiento del carro tirado por caballos y, en fecha posterior, del ferrocarril. Pero el camión no fue creado para superar las obvias deficiencias del tiro por caballo y por máquina de vapor. Como sucedió con los automóviles, la necesidad de camiones surgió después, y no antes, de inventarlos. En otras palabras, la invención de los vehículos dotados de motor de combustión interna dio lugar a la necesidad de transporte motorizado” [6].

Otra falsa creencia es la de suponer que la percepción por el ser humano de una situación problema implica ya de por sí el despliegue de un proceso completo de investigación. En ocasiones, el individuo detecta situaciones problema adelantadas a las posibilidades reales de la época. Tal es el caso de la demanda que hiciera Napoleón a los químicos franceses de encontrar la forma de preparar un sucedáneo sintético del añil. “Si ya en aquel tiempo los químicos obtenían artificialmente sosa, ¿por qué no obtener añil sintético? Sin embargo, con el nivel de desarrollo al que se encontraba la ciencia química, esta tarea era irrealizable. Se necesitaron por lo menos 70 años para que los químicos pudieran cumplirla” [7].

El papel del sujeto en la detección de situaciones problemáticas es esencial. En ello pueden influir su experiencia personal y conocimientos, los rasgos específicos de su personalidad, su estado de ánimo, hábitos y costumbres, la educación recibida, la comprensión que tenga de las necesidades y encargos sociales, las condiciones de vida, sus creencias y temores, etc.

¿Cómo se presentan las situaciones problema?

Por lo general una situación problema se expresa en la mente del sujeto como la percepción de una contradicción entre un estado real y un estado deseado o entre lo conocido y lo por conocer o entre lo realizado y lo por realizar. El individuo detecta algo en la realidad que no le satisface o que le inquieta, esto es, algo que sucedió o sucede que exige una corrección, un cambio o una explicación. Ese algo bien pudiera ser un hecho de la naturaleza, una tarea que deberá ser resuelta, una pregunta que requiere respuesta, un experimento impactante, un enigma o misterio en el comportamiento de la realidad.

Estas situaciones, muy comunes en la ciencia, también deberían serlo en la enseñanza de las propias ciencias. Para comenzar, se presenta un ejemplo de una situación problemática famosa que marcó un hito en la física.

Albert Einstein y la relatividad especial

El siguiente ejemplo ilustra una dramática situación acaecida en el campo de la física de finales del siglo XIX y comienzos del XX, íntimamente ligada al proceso de génesis de la teoría especial de la relatividad.

Después que Maxwell formuló las leyes fundamentales de la electrodinámica, entre los físicos se planteó una compleja situación problema ya que las mismas, a pesar de describir con éxito la luz como ondas electromagnéticas, resultaron ser invariantes respecto a las transformaciones de Galileo, todo un pilar de la física clásica. El hecho de que las ecuaciones de Maxwell fueran tan efectivas para el estudio y comprensión de los fenómenos electromagnéticos como las newtonianas en el campo de la mecánica, puso a los científicos ante el complejo dilema de seleccionar la más adecuada entre tres posibles variantes:

- a) Considerar que las ecuaciones de Maxwell eran inexactas.
- b) Abandonar el principio de la relatividad de las leyes físicas.
- c) Asumir que las transformaciones (o transformadas) de Galileo no eran completamente ciertas.*

* Una análisis más detallado de este dilema se puede ver en: José Ricardo Díaz Caballero.: "La duda creativa y las revoluciones científicas", *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 33, núm. 3, pp. 3303, 2011, www.sbfisica.org.br [8].

El problema fue resuelto de manera rigurosa por Albert Einstein con la formulación de la teoría especial de la relatividad donde se produjo la síntesis dialéctica, en un estadio superior, de los conocimientos físicos en pugna y encontraron solución importantes contradicciones existentes en la física.

Einstein percibió con claridad la lucha de ideas presente en la física de su tiempo; conocía muy bien las dificultades con que se tropezaba al explicar el conjunto de fenómenos anómicos existente en el campo de la óptica y la electrodinámica desde las posiciones de los fundamentos clásicos para la búsqueda científica imperantes en estos dominios del saber.

En el artículo de 1905 "Zur Elektrodynamik bewegter Körper" ("Sobre la electrodinámica de cuerpos en movimiento"), Einstein introdujo la teoría de la relatividad especial estudiando el movimiento de los cuerpos y el electromagnetismo en ausencia de la fuerza de interacción gravitatoria. La relatividad especial resolvía los problemas planteados por el experimento de Michelson y Morley, en el que se había demostrado que las ondas electromagnéticas que forman la luz se movían en ausencia de un medio. La velocidad de la luz es, por lo tanto, constante y no relativa al movimiento [8]. Ya en 1894 George Fitzgerald había analizado esta cuestión demostrando que el experimento de Michelson y Morley podía ser explicado si los cuerpos se contraen en la dirección de su movimiento.

Al admitir como algo real y objetivo el hecho de que la velocidad de la luz en el vacío era la misma en todos los sistemas de coordenadas en movimiento rectilíneo uniforme uno respecto al otro (principio de la constancia de la velocidad de la luz), Einstein negó el carácter universal de la ley clásica de la suma de velocidades, según la cual, la magnitud de la velocidad de los cuerpos varía en dependencia del sistema de referencia en el que se realiza la medición. De manera análoga, su afirmación de que todas las leyes físicas eran las mismas para todos los sistemas de coordenadas en movimiento rectilíneo uniforme uno con relación a otro (principio de la relatividad) constituyó una dejación de la hipótesis sobre la existencia de un *éter estacionario* en calidad de único y exclusivo sistema de referencia respecto al cual se encontraban en movimiento todos los demás sistemas.

Tales reflexiones condujeron al científico alemán a la formulación de un nuevo principio de la relatividad de acuerdo con el cual, en todos los sistemas de referencia en movimiento rectilíneo uniforme, uno con relación al otro, rigen las mismas leyes y la conversión mutua de sus respectivas coordenadas espaciales y temporales se lleva a cabo en correspondencia con las transformaciones de Lorentz.

La Tabla Periódica de Mendeleiev

Otra importante *situación problemática* en la historia de las ciencias está relacionada con la Tabla Periódica de los Elementos Químicos.

Con el descubrimiento de la electrolisis, el proceso de ruptura de una molécula por acción de una corriente eléctrica, se develaron numerosos elementos químicos nuevos. Hacia 1860, ya se conocían más de 60 elementos y parecía existir un cierto orden entre ellos. A medida que se perfeccionaban los métodos de búsqueda, el número de elementos químicos conocidos crecía sin cesar. Este hecho planteó ante los científicos la *situación problemática* de ordenarlos de alguna manera. Se llevaron a cabo varios intentos, sin embargo, el éxito coronó al químico ruso Dmitri Ivánovich Mendeleiev, que creó lo que hoy se denomina Sistema o Tabla Periódica de los Elementos Químicos.

En septiembre de 1860 se celebró en Karlsruhe, Alemania, el Primer Congreso Internacional de Química para debatir en torno al sistema más adecuado para llegar a los pesos de los elementos individuales. A él acudieron 140 de los químicos más eminentes del mundo. Entre los participantes se encontraba el químico ruso Dmitri Ivánovich Mendeleiev. Los discursos que oyó en aquel cónclave le despertaron un interés que le duró el resto de su vida, en particular, las intervenciones del químico italiano Stanislao Cannizzaro, quien en 1858 había establecido por primera vez la distinción crucial entre átomos y moléculas.

Mendeleiev volvió a Rusia convencido de la verdad de la afirmación de Cannizzaro, de que la única medida racional del peso de un elemento era la del peso de sus átomos individuales. Esta seguridad inspiraría sus investigaciones futuras.

Hacia tiempo que se sabía que ciertos elementos compartían propiedades similares, y los químicos habían empezado a preguntarse si sería posible clasificarlos tal como Linneo había clasificado a los animales.

Johann Döbereiner (1780-1849) en 1829, había ordenado algunos elementos en grupos de tres, que denominó triadas. Los elementos de cada triada tenían propiedades químicas similares, así como propiedades físicas crecientes.

En 1864, el químico inglés John Newlands (1838 - 1898) atrajo la atención hacia el hecho de que, si los elementos se colocan según el orden de sus masas atómicas, la tabla resultante mostraba una periodicidad, lo que significaba que algunas características similares se repetían a intervalos regulares. John Newlands afirmaba que cuando los elementos químicos se disponían en una Tabla Periódica en orden creciente de sus masas atómicas, las propiedades del octavo elemento se parecían a las del primero, las del noveno eran semejantes a las del segundo y así sucesivamente (los gases nobles aún no habían sido descubiertos). De acuerdo con esta observación, que denominó *Ley de las Octavas*, por su analogía con los siete intervalos de la escala musical, Newlands dividió los elementos consecutivos según su masa atómica y las familias las agrupó por elementos con características similares. Sin embargo, en 1864, cuando Newlands

anunció su "descubrimiento" ante la *Sociedad Inglesa de Química*, la propuesta fue ridiculizada y, cuando intentó publicar su trabajo en la Chemical Society, se le rechazó, aduciendo que dicha propuesta era tan arbitraria como el haber sugerido un orden alfabético de los elementos químicos.

Mendeleiev era consciente del trabajo de Newlands, pero no le gustaba la forma un tanto artificiosa y forzada en que algunos elementos eran incluidos para mantener la impresión de periodicidad.

En 1866, siendo profesor de química en la universidad, empezó a escribir un libro de texto titulado *Los Principios de la Química*, cuyo primer volumen apareció en 1868. Trabajando en el segundo volumen del libro, intentó encontrar algo que le proporcionara un armazón para entender la relación de un elemento con otro pero que le librara de los defectos que observaba en el esquema de Newlands. Estaba convencido de que la química no podría ser una verdadera ciencia hasta que se identificasen sus principios fundamentales.

El principio organizativo de su libro era agrupar los elementos según sus propiedades compartidas. En febrero de 1869 ya había escrito dos capítulos del segundo volumen y estaba ponderando el siguiente grupo de elementos sobre el que debía escribir. Se encontraba bajo una gran presión. Sus reflexiones sobre la clasificación de los elementos le daban la sensación de que el principio que buscaba estaba casi a su alcance. Había escrito los nombres y los pesos de los elementos conocidos en una serie de tarjetas que reestructuraba una y otra vez, poniendo a prueba su paciencia. Por otro lado, las circunstancias le obligaban a realizar un viaje y temió que si no encontraba la solución antes de partir, perdería la concentración y su oportunidad.

Durante tres días y gran parte de sus respectivas noches luchó con el problema, hasta quedar atontado por la falta de sueño. El día en que se suponía que debía partir, se durmió sobre su escritorio. Mientras dormía, su cerebro continuó trabajando las tarjetas y, cuando despertó, comprendió que tenía la solución. El secreto que el inconsciente de Mendeleiev había vislumbrado mientras dormía, era que los elementos podían colocarse en filas horizontales en orden creciente según su peso atómico, y en columnas verticales según sus características químicas y dejando huecos o espacios vacíos allí donde las pautas parecían requerirlos.

Mendeleiev colocó a los elementos en columnas verticales empezando por los más ligeros y cuando llegaba a un elemento con propiedades semejantes a las de otro empezaba otra columna. Se dio cuenta de que la valencia de los elementos (capacidad para combinarse con otros elementos) subía y bajaba periódicamente.

Esta tabla periódica no solo agrupó a los elementos en familias y en grupos sino que posibilitó la predicción de la existencia de nuevos elementos debido a que Mendeleiev dejó huecos en la tabla. Lo más increíble es que todas sus predicciones se verificaron de forma espectacular años más tarde. Esta tabla ha dado lugar a la tabla periódica actual que todos conocemos.

Mendeleiev publicó estas ideas en un artículo titulado "Relación entre las propiedades de los elementos y su peso atómico". La reacción inicial de la comunidad científica fue tan precavida como la que habían recibido los anteriores intentos de ordenar los elementos, pero cuando se descubrió que los pesos atómicos aceptados de algunos elementos eran realmente incorrectos, sus ideas comenzaron a ser tomadas en serio. Y quince años después, tres huecos de su tabla se rellenaron gracias al descubrimiento del galio (1875), el escandio (1879) y el germanio (1886), y todos ellos poseían las características que había predicho.

Aunque Mendeleiev no fue el primero en sugerir que era posible colocar los elementos en un orden que mostrara su periodicidad, a diferencia de sus predecesores, demostró que había una lógica subyacente que dictaba su tabla.

¿Cómo actuar ante una situación problema?

Una manera operativa, en el sentido práctico, de expresar la situación problema es en forma de insuficiencia. Para mostrar lo cotidiano y frecuente del contenido que se expone en estas páginas, se dejará a un lado la historia de la gran ciencia y se examinarán algunos ejemplos sencillos y habituales en cualquier curso de física, en que el lugar del científico profesional lo viene a ocupar simplemente - el estudiante:

Ejemplo 1: ¿Es lo mismo la temperatura que el calor?

Esta interrogante constituye para el estudiante desconocedor del asunto una situación problema que pudiera ser expresada en forma **de insuficiencia** como sigue:

Desconocimiento de la diferencia existente entre la temperatura y el calor.

En este ejemplo la palabra de insuficiencia aparece subrayada, al igual que en los otros ejemplos.

Ejemplo 2: Toma 3 vasijas donde quepan las manos, una con agua fría en un extremo, en el medio sitúa una con agua tibia y, en el otro extremo, una con agua caliente a temperatura resistible por ti. Introduce ambas manos en las vasijas de los extremos al mismo tiempo y después las dos en la vasija del centro que contiene agua tibia. ¿Serían nuestros sentidos un instrumento correcto para medir la temperatura?

En este segundo ejemplo la situación problema contenida en el planteamiento realizado, al ser formulada

como insuficiencia, tendría más o menos la siguiente forma:

Desconocimiento de las limitaciones de nuestros sentidos como instrumento fiable para medir la temperatura

También podría adoptar otras formas más heurísticas, por ejemplo:

Desconocimiento de las posibilidades reales de nuestros sentidos como instrumento fiable para medir la temperatura

La primera forma conduciría al estudiante a establecer las limitaciones de los sentidos como instrumentos fiables para medir la temperatura. La segunda formulación lo llevaría mucho más allá. El estudiante no solo constataría que nuestros sentidos son instrumentos deficientes para medir de manera fiable la temperatura sino que se plantearía requisitos y condiciones para elevar la fiabilidad de los mismos como instrumentos de medición de la temperatura.

Ejemplo 3: Muchos sartenes del mismo material expuestos al fuego pueden ser retirados de las llamas sin quemarse uno las manos y sin usar protección. ¿No te parece raro?

De igual manera, se intenta desentrañar alguna de las posibles formulaciones de situación problema que se ocultan tras este planteamiento, a saber:

Situación Problema 1.

Desconocimiento de por qué muchos sartenes del mismo material expuestos al fuego pueden ser retirados de las llamas sin quemarse uno las manos y sin usar protección.

Otra forma de plantear esta situación problema con mayor potencial heurístico sería:

Situación Problema 2.

Enigma o misterio de los sartenes hechos íntegramente del mismo material.

En las situaciones problema antes referidas se puede observar claramente cuál es el *estado real* que inquieta al *estudiante-investigador* y cuál el *estado deseado*. Piénsese en el primer ejemplo citado "**Desconocimiento de la diferencia existente entre la temperatura y el calor**". Esta frase tiene un volumen de información mucho mayor al explícito. Por un lado, expresa que al alumno le inquieta su **desconocimiento** respecto a la diferencia o diferencias existentes entre la temperatura y el calor, por el otro, transmite información acerca de cuál es el estado que se desea alcanzar: *conocer esas diferencias*.

Cuando se escribe "**Desconocimiento de las posibilidades reales de los sentidos como instrumento fiable para medir la temperatura**" queda claro que al estudiante le preocupan no solo las limitaciones de los sentidos, sino también revelar, como estado deseado, en qué condiciones esos sentidos pudieran servir como instrumentos fiables para medir la temperatura.

Detectada la situación problema es necesario “repensarla”, explorarla en profundidad, penetrar en ella con nuestro “ojo mental”. Existen diversas técnicas que facilitan esta tarea, entre las cuales vale destacar la que hemos denominado **-mapa mental de la situación problema**.

El objetivo del mapa mental de la situación problema es explorar, profundizar y enriquecer con nuevos elementos la situación problema detectada. Los pasos de esta técnica son:

1. Se parte de un esquema o núcleo central de la situación problema.

2. Se piensa en cualquier cuestión relacionada, directa o indirectamente, con la situación problema o alguno de sus aspectos, por ejemplo, antecedentes, causas y consecuencias de la misma, fortalezas y debilidades para acometer su modificación hacia el estado deseado, aspectos del propio estado deseado, conocimientos que es necesario tener para comprender y enfrentar el asunto, “ideas locas”, temores, presentimientos y corazonadas, soluciones adelantadas, etcétera. No es recomendable dibujar el mapa en un espacio reducido para no verse en la necesidad de desechar ideas por falta de lugar para situarlas.

3. Inicialmente no intentar establecer un orden que regule o limite la producción de ideas. Estas deben dejarse salir tan caóticamente como vengan a la mente y colocarse radialmente al núcleo donde se ha escrito la situación problema en forma de insuficiencia. Posteriormente, si se desea se puede ordenar todo. Hay personas que trabajan más cómodas si establecen un cierto orden en el mapa mental. Sin embargo, es conveniente no preocuparse por ordenar nada mientras se está construyendo el mismo, pues, la tarea de pensar un orden puede desviar la atención del alumno y limitarle el proceso de generación de ideas por cansancio, falta de tiempo, no querer alterar un orden ya establecido. Ahora, si no se puede prescindir de establecer un orden, hágalo como más cómodo se sienta.

4. Cada idea colocada en el mapa mental puede ser centro de un nuevo conjunto de ideas e inclusive de un nuevo mapa.

A continuación se muestra un esquema general (figura 1) de cómo se vería el mapa mental después de construido. Ello no significa que esta estructura sea la única factible, de hecho, el sujeto dibuja el mapa a su gusto, como más cómodo le resulte para pensar en torno a la situación problema detectada. En el esquema **A, B, C, D, E, F, G** y **H** son las diversas ideas sugeridas. Los números **1, 2, 3, 4...n**, indican ideas que se derivaron de **A, B, C, D, E, G** y **H**. Las letras en minúscula representan otras ideas surgidas a partir de **1, 2, 3, 4...n**. En el cuadro o núcleo central se transcribe la situación problema en forma de insuficiencia.

Mapa mental de la situación problema

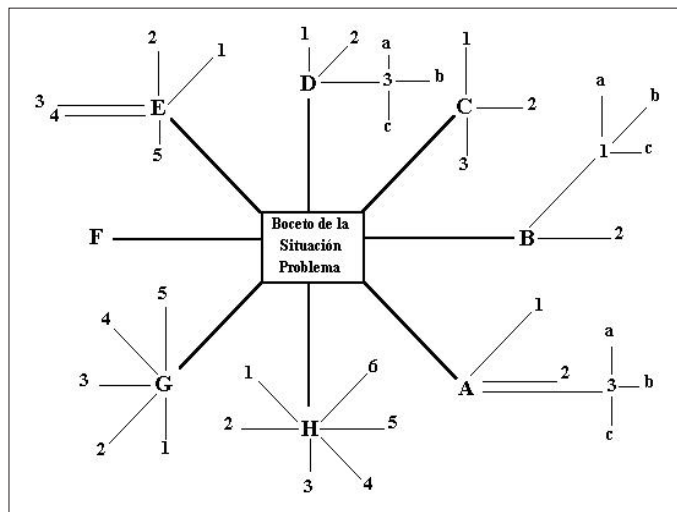


Fig. 1.

El esquema propuesto no es exclusivo. Formas de mapas mentales de una situación problema pueden elaborarse cuantas se quieran.

Estas variaciones demuestran que el *estudiante-investigador* puede llegar a elaborar mapas mentales personales con un nivel de independencia y creatividad muy elevado. Los elementos a incluir en el mapa elaborado pueden ser disímiles y están en relación directa con el nivel de información de que dispone el estudiante.

A continuación, a modo de ejemplo, se presenta el mapa mental de una situación problema concreta. (figura 2).

El mapa mental presentado antes pudiera cambiar de un estudiante a otro, por ejemplo, si son estudiantes de diferente nivel escolar, e incluso, si el mismo estudiante lo elabora en momentos distintos en dependencia de cómo se modifique su estado de ánimo o se incrementen sus conocimientos, experiencias, etcétera.

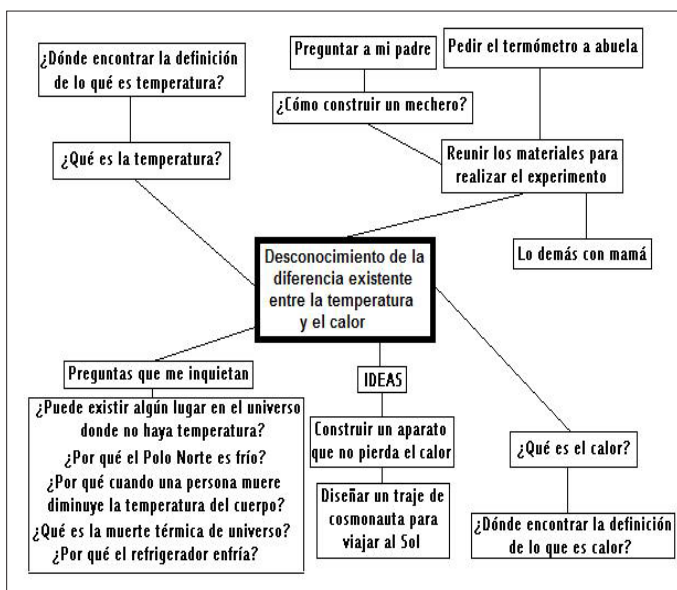


Fig. 2.

La realidad es mucho más rica y abarcadora que la más completa de las teorías. El mapa mental de la situación problema puede ser de gran ayuda para profundizar en la tarea a resolver pero, con frecuencia no es suficiente. En el estudio de la realidad, el alumno debe asumir que no existe de antemano una teoría acabada y “enlatada” capaz de exonerarlo de la necesidad de construir su propio **marco de reflexión** si quiere intentar un acercamiento más pleno al fenómeno concreto que analiza. Tras la detección de la situación problema y la construcción de su mapa mental el estudiante, al igual que el científico, necesita con frecuencia analizar los conceptos que la componen con el propósito de transformarla en un tema más acabado y exacto de estudio e investigación. Aparece así la **formulación problema o tema de investigación**.

¿CÓMO ARRIBAR A UN TEMA DE INVESTIGACIÓN?

En la práctica, cuando se escribe la situación problema en forma de insuficiencia para situarla en el centro del mapa mental, se aporta una primera formulación en nociones y conceptos de la misma. Para arribar al **tema de investigación** propiamente dicho es preciso liberar a esa primera formulación inicial de aquello que se sobreentiende, así como agregarle las precisiones que sean necesarias para captar mejor la situación problema examinada, por ejemplo:

Ejemplo1

Desconocimiento de la diferencia existente entre la temperatura y el calor

Al examinar la formulación inicial de esta situación problema, se consideró pertinente dejar explícito el término “desconocimiento” para facilitar un primer acercamiento al asunto. Sin embargo, es obvio aquí, que el estado que se desea alcanzar es el de llegar al *conocimiento de la diferencia existente entre la temperatura y el calor*. La formulación se transforma así en:

Conocimiento de la diferencia existente entre la temperatura y el calor

De hecho la palabra “conocimiento” sobra en la nueva formulación, pues se sobreentiende que se quiere conocer la diferencia entre la temperatura y el calor. Se estaría ahora en presencia de una nueva reformulación, a saber:

Diferencia existente entre la temperatura y el calor

Es lógico pensar que si hay realmente una diferencia entre la temperatura y el calor, esa diferencia “existe”. Todo parece indicar que la palabra “existencia” está presupuesta también en el análisis y no hace falta declararla de una manera explícita. Se tendría entonces:

Diferencia entre la temperatura y el calor

En la práctica se pudiera establecer una o más diferencias, por ello quizás sea más recomendable escribir la formulación como sigue:

Diferencia(s) entre la temperatura y el calor

Obsérvese cuántas modificaciones ha experimentado la situación problema para ser transformada en un tema de investigación.

Ejemplo 2.

Desconocimiento de las posibilidades reales de nuestros sentidos

como instrumento fiable para medir la temperatura

En esta situación problema es evidente que el término “desconocimiento” puede ser retirado de la formulación porque se sobreentiende. La nueva formulación adoptaría la forma:

Posibilidades reales de nuestros sentidos como instrumento

fiable para medir la temperatura

Si se analiza detenidamente la expresión “posibilidades reales”, ahora no dice mucho y pudiera quedar como sigue:

Los sentidos como instrumento fiable para medir la temperatura

Dicho así la expresión puede prestarse a confusión. ¿Se investigarán los sentidos humanos o los de otros animales? Conviene hacer la aclaración

Los sentidos humanos como instrumento fiable para medir la temperatura

Se tiene ahora un tema de investigación que no debe ser asumido como una formulación invariable ni cosa que se le parezca, pero que si da una idea de lo que se busca: ¿Bajo qué condiciones los sentidos humanos pudieran ser un instrumento fiable para medir la temperatura? En la práctica se pudieran introducir nuevas modificaciones al tema en dependencia de los caminos y ángulos de análisis por los que se adentre nuestro pensamiento. Por ejemplo, se ha hablado de “condiciones”, pues bien, ahora se introduce un nuevo cambio.

Condicionamiento de los sentidos humanos como instrumento fiable para medir la temperatura

Afinado el tema de investigación, el alumno puede construir un mapa para pensar teóricamente el asunto que lo inquieta (figura 3).

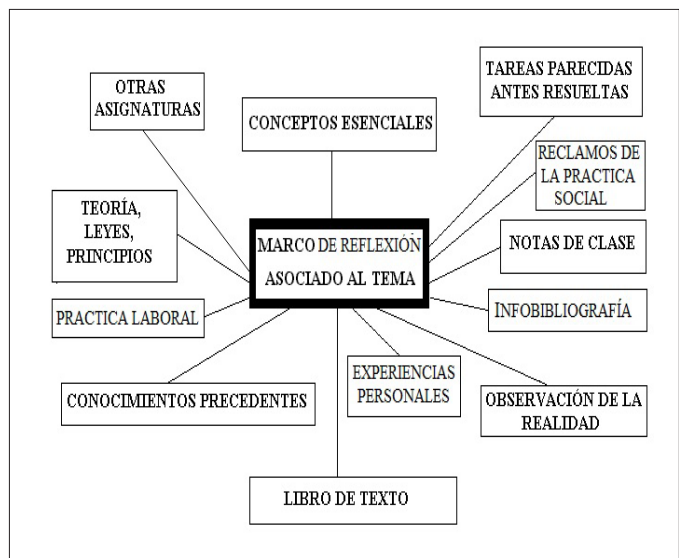


Fig. 3.

El mapa anterior puede ser enriquecido con otros múltiples elementos en dependencia de la experiencia del alumno y las cosas que considere significativas para la conformación de un marco adecuado de reflexión orientado al abordaje más preciso del tema de indagación. Es posible que el estudiante considere importantes para situar en el mapa, las recomendaciones, orientaciones y consejos de profesor y otras fuentes de conocimiento.

Si el alumno tiene que elaborar algún tipo de informe, las fuentes contenidas en el mapa construido pueden servirle de gran ayuda. En general, la necesidad de conocer y tener una idea clara y precisa de todas y cada una de las fuentes de conocimiento relacionadas con el tema a investigar es la que determina la información de interés que hay que revisar, detectar, extraer y recopilar por parte del alumno. A esta información suele sumarse otra que se obtiene por diversas vías, como recuerdos de conversaciones, experiencias de estudiantes de años superiores, asociaciones de ideas. Con todo ello se construye el **marco inicial de reflexión de la investigación**.

La importancia de esta forma de trabajo consiste, en que permite entender los planteamientos y formulaciones de una forma más integral y multilateral.

¿QUÉ CAMINO O VÍA SEGUIR EN LA INVESTIGACIÓN?

Existen tareas y problemas, para cuya resolución, se pueden seguir múltiples caminos diferentes. En tales casos es conveniente detenerse a pensar cuál será el camino o vía que se transitará en la realización de la tarea planteada, de qué modo se abordará el tema de investigación formulado. Aplicar alguna técnica que permita realizar un análisis y selección de alternativas a seguir es algo que eleva sobremanera la calidad del trabajo.

Aquí se expone una técnica interesante y bastante simple. Su esencia consiste en suponer que cada una de las palabras o conceptos esenciales que componen el tema de investigación formulado representa una **vía** a seguir en la búsqueda investigativa y es portador de múltiples **alternativas** o caminos para modificar total o parcialmente la situación problema o tarea planteada. En dependencia de cuáles alternativas específicas se sigan para modificar la situación problema, se estará en presencia de un problema de investigación u otro.

Sea el tema de investigación **Diferencia(s) entre la temperatura y el calor**. En él pueden ser definidas las descritas a continuación (figura 4).

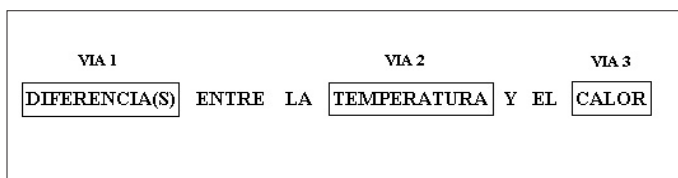


Fig. 4.

De hecho, pudieran pensarse tantas vías como conceptos existan en el tema a investigar, sin embargo, a la hora de operar, no todos estos conceptos llegan a constituirse en **vías significativas** para el alumno. En otras palabras, es el estudiante quien define las vías que para él son más "productivas". Pensar las vías a analizar es un derecho, en primer término, de quienes se van a esforzar en la resolución de la tarea planteada, es decir, los **estudiantes-investigadores**. Se examinará, a manera de ilustración, una de las vías contenidas en la formulación anterior y las alternativas o caminos de resolución que fueron asociados a la misma (figura 5).

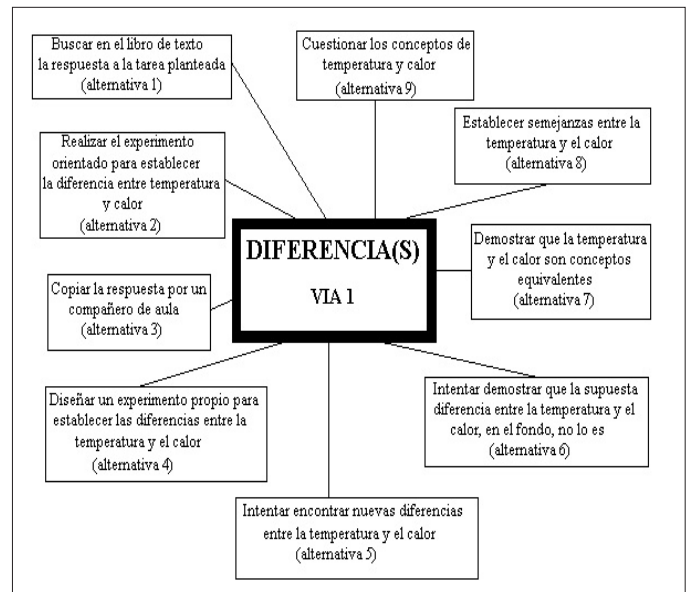


Fig. 5.

En la vía **diferencia(s)** fueron establecidas nueve alternativas significativas, una de ellas poco ética, como la alternativa 3, pero también posible. Ello no significa que estas sean las únicas alternativas factibles. Cada vía puede contener, en principio, infinitas alternativas, las cuales se revelarán en dependencia de las capacidades personales de cada estudiante, su creatividad, perseverancia, experiencias personales, puntos de vista, etcétera. Es muy probable que otros alumnos encuentren en la vía **diferencia(s)** muchas más alternativas que las aquí mencionadas, e incluso otras diferentes y de mucho más valor heurístico para la búsqueda investigativa.

¿Cómo se generan las alternativas?

Pudiera ser a través de un proceder bien simple pero no por ello exento de un sostenido esfuerzo mental. Me refiero al **procedimiento de las respuestas infinitas** [2].

El **objetivo** de este procedimiento es producir una gran cantidad de ideas en torno a un determinado asunto y consiste en intentar dar a una misma interrogante el mayor número de respuestas diferentes. Sus pasos son:

- Formular la pregunta.
- Situar las diversas respuestas radialmente a la interrogante formulada.

• Interpretar e intentar fundamentar cada una de ellas.
En la **generación de alternativas** dentro de una misma **vía**, el procedimiento de las respuestas infinitas adopta la siguiente forma:

- Tomar la vía en cuestión, por ejemplo, la **vía diferencia(s)**.
- Formular con ella la pregunta: ¿Cómo se pudiera resolver la situación problema planteada siguiendo esta vía? La pregunta quedaría planteada como sigue para la situación problema “desconocimiento de la diferencia existente entre la temperatura y el calor”:

¿Cómo se pudiera resolver el desconocimiento de la diferencia existente entre la temperatura y el calor siguiendo la vía diferencia(s)?

Respondiendo a la pregunta anterior fueron obtenidas las alternativas que ya se mostraron en la figura 5.

- Situar las alternativas sugeridas radialmente a la vía examinada.
- Realizar este mismo proceder, si el factor tiempo lo permite, con todas las vías contenidas en el tema de investigación. De lo contrario el estudiante selecciona las vías que considera más significativas y con más posibilidades reales.

Así se conforma un **Mapa de vías y alternativas** como el que se ilustra a continuación (figura 6).

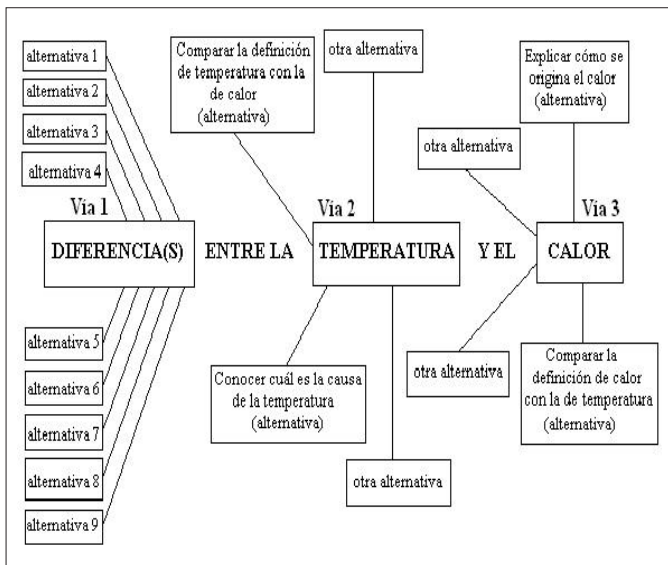


Fig. 6.

Determinadas por el alumno las vías y alternativas más significativas, este procede a seleccionar cuál o cuáles de ellas seguirá como camino para resolver la situación problema. En otras palabras, sitúa lo que se denomina el **acento de alternativa**. Para ubicar el acento de alternativa el *estudiante-investigador* debe realizar todo un grupo de consideraciones previas, ante todo, efectuar un análisis preliminar de requisitos de factibilidad para la

resolución de la tarea planteada, los cuales pueden ser, entre otros:

De tiempo.

Es posible que el alumno tenga un tiempo limitado para presentar un resultado. En ese caso debe considerar las alternativas que puedan ser acometidas en ese intervalo de tiempo.

De espacio

Quizás la tarea deba realizarse en un espacio geográfico o físico prefijado de antemano. Entonces hay que tomar en consideración el espacio, si es en el laboratorio, en el hogar, en el aula o en otro lugar.

De recursos

Este aspecto se entiende con claridad cuando se piensa que todas las tareas o experiencias a acometer requieren, como regla, de recursos materiales y mentales. Una alternativa puede ser muy atractiva para el alumno y, sin embargo, poco viable por falta de los recursos mínimos necesarios para su realización en un momento determinado. En su lugar tendrá que elegir otra alternativa quizás menos seductora pero más factible o, elaborar un plan para intentar captar los recursos que exige la puesta en práctica de la alternativa más promisorio; puede imaginarse, por ejemplo, una alternativa de resolución atractiva pero que requiera de una computadora. Si el alumno no sabe computación, no tiene un ordenador apropiado o no cuenta con un especialista a su disposición, tendrá de inicio serias dificultades para llevar a vías de hechos la alternativa en cuestión. Por supuesto, tales dificultades podrían ser superadas diseñando e implementando un buen plan en el que quizás esté planteado estudiar computación, realizar algún trabajo después de clases para comprarse un ordenador, etc.

De experiencia previa

¿Con qué conocimientos, habilidades y experiencia cuenta el estudiante para acometer la alternativa que analiza?

De relaciones y actores

¿Con cuáles personas y relaciones se cuenta para garantizar la buena marcha de la tarea? Esta interrogante pudiera generar ideas como la siguiente: “No tengo mucha experiencia para seguir esta alternativa pero puedo contar con mi padre que si la tiene y además tengo muy buenas relaciones con la profesora y estoy seguro que me brindará su ayuda si se lo pido”.

De otros aspectos del entorno

Con frecuencia el alumno tiene en cuenta las oportunidades, riesgos, amenazas, etc., existentes en el entorno. Ello puede provocar reflexiones como las que siguen:

- De tomar esta alternativa tendré dificultades para conseguir los materiales que me hacen falta.
- Con esta alternativa recibiré el apoyo del profesor de la clase pues ha expresado en reiteradas ocasiones su preferencia por este tipo de enfoque de los asuntos.

- Esta alternativa está más a tono con las posibilidades existentes en el país y sus necesidades.

Del grado de novedad y valor de los resultados

Es probable que al estudiante no solo le interese modificar la situación problema sino lograrlo también de la forma más novedosa y útil para él y para la sociedad. Entonces, optará por el camino de mayor novedad e impacto.

Del objeto social de la investigación

No se puede concluir este listado de requisitos de factibilidad sin mencionar uno que en nuestra modesta opinión es esencial para cualquier país que desee insertarse en la *Economía del Conocimiento* [8]. Ese criterio es el de dar respuesta con la investigación científica y tecnológica a las demandas y necesidades cardinales, priorizadas del país, a los ejes y sectores estratégicos del desarrollo; es el que tiene que ver con el *objeto social de la investigación*, a saber, resolver en primer término *los problemas nacionales* de los cuales depende el desarrollo [9].

En general, los parámetros a considerar suelen ser muy diversos en dependencia de las características de la tarea a realizar y de las expectativas del propio *estudiante-investigador* respecto a los resultados a alcanzar.

Al situar el acento de alternativa, el alumno define el problema a resolver. En otras palabras, un “problema de investigación” es una traducción de la situación problema acompañada de su alternativa de solución o acento de alternativa; es la contradicción entre un estado de la realidad y un estado deseado por el investigador (el estudiante), que ya ha seleccionado la alternativa a seguir para modificar la situación problema detectada. El acento de alternativa puede estar conformado, de hecho, por una o más alternativas. Es posible que el alumno considere más apropiado para su propósito seleccionar varias alternativas a la vez y tratar con un problema de mayor complejidad. El estudio creativo de alternativas es un arma poderosísima no solo en la investigación científica y tecnológica [10] [11], sino también en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia y la tecnología.

CONCLUSIONES

Al determinar el acento de alternativa y comprender en profundidad el problema a resolver, el *estudiante-investigador* estará en excelentes condiciones de definir los objetivos a alcanzar en su trabajo, plantearse preguntas y conjeturas que lo guíen en el proceso de indagación, seleccionar los métodos y técnicas de la búsqueda, analizar mejor los datos y emplearlos con mayor precisión en la justificación de las conclusiones contenidas en el informe final sobre los resultados obtenidos y sus implicaciones. Es por ello que muchos científicos naturales y especialistas en metodología y lógica de la investigación han afirmado recurrentemente que un problema bien definido y planteado ya está parcialmente resuelto.

La enseñanza de la ciencia y la tecnología tiene mucho que asimilar de la historia del desarrollo científico y técnico real, de sus regularidades, contradicciones y lógicas, las cuales deberán ser traducidas y reproducidas pedagógicamente en las actividades docentes curriculares y extracurriculares a través de experimentos y tareas que desarrollen las habilidades investigativas, productivas y creadoras de los estudiantes, independientemente de su nivel de escolaridad.

REFERENCIAS

1. HUYKE SOUFFRONT, H. J. *Tras otro progreso. Filosofía de la tecnología desde la periferia*. Puerto Rico: Editora Educación Emergente, 2013.
2. DÍAZ CABALLERO, J. R. *Más allá del paradigma. Filosofía y Creatividad*. La Habana: Editorial de Ciencias Sociales, 2012.
3. COLADO PERNAS, J. E.; DÍAZ CABALLERO, J. R.; VELÁSQUEZ MOSQUERA, A. F. *¡Vamos a investigar!* Colombia: Editorial Ibagué, 2009.
4. COLADO PERNAS, J. E., DÍAZ CABALLERO, J. R. y VELÁSQUEZ MOSQUERA, A. F. *¡Vamos a investigar en el aula!* Colombia: Editorial Ibagué, 2009.
5. HERNÁNDEZ SAMPIERI, R. *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill Interamericana de México, S A de C V, 1992, p. 2.
6. BASALLA, G. *La evolución de la tecnología*. Barcelona: Editorial Crítica, 1990, p. 3.
7. KEDROV, B. *Acerca de las leyes del desarrollo de las ciencias*. La Habana: Editorial de Ciencias Sociales, 1977.
8. DÍAZ CABALLERO, J. R. “La duda creativa y las revoluciones científicas”. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. 2011, vol. 33, núm. 3, pp. 3303. Disponible en: www.sbfisica.org.br.
9. LAGE, A. *La Economía del Conocimiento y el Socialismo*. La Habana: Editorial Academia, 2013.
10. LAGE, A. “Conexión de la Ciencia con la Producción y la Economía”. Conferencia dictada en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, 25 de abril de 2013.
11. DÍAZ CABALLERO, J. R.: “La ciencia nacional”. *Revista Cubana de Ingeniería*. 2016, vol. VII, núm. 1.
12. MONTOYA RÍOS, F. J.: “La solución de problemas de manera innovadora, exploración de un camino creativo”. *Revista Trilogía*. 2012, núm. 7, pp. 125 – 133, diciembre. ISSN 2145-4426 / <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4521390.pdf>
13. BASSAT, L.: *La creatividad*, Editorial CONECTA, 2014.

AUTORES

José Ricardo Díaz Caballero

Licenciado en Filosofía, Doctor en Ciencias Filosóficas,
Profesor Titular, Universidad Tecnológica de La Habana
José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba

Elena Rubido Rodríguez

Ingeniera Química, Especialista en Ciencia, Tecnología y
Medioambiente, Instituto en Ciencia y Tecnología de los
Materiales, Universidad de La Habana, Cuba

Heuristics in the Teaching Process: a Creative Way to Identify Research Problems

Abstract

A crucial stage of the research process is *to determine the research problem in a clear and precise way*. The full assumption of the perspective that is proposed here presupposes to break with a set of mental and practical barriers, which instead of favoring the productive research activity of students during their training, not only at high school, but also at the undergraduate and postgraduate level, constitute an obstacle for it. This means, of course, the fulfillment of a task by a group of people, which goes beyond the objective of this work. This paper aims at providing some ideas about the heuristics and the logic concerning the process to determine scientific problems, by means of the analysis of some common examples in the teaching of Physics from high school to university.

Key words: heuristics, methodology of scientific research, problematical background, research problem, teaching