

Razonamiento Metafórico del Conocimiento Científico

Alvarez, Nancy A.

Universidad de Los Andes - Instituto de Estadística Aplicada y Computación / altagra@ula.ve

Finalizado: Mérida, 2007-08-01 / Revisado: 2007-09-18 / Aceptado: 2007-11-09

Resumen

Uno de los problemas que afecta a la comunidad estudiantil en todos los niveles educativos es la deficiente captación del lenguaje científico. Con el propósito de encontrar una vía para solventar esa situación, se investigó si el lenguaje coloquial-tradicional, en particular la metáfora, podría ser un puente para acercar a los estudiantes a la conceptualización científica vigente. La estructura de una matriz metafórica surgida al destacar aspectos de un fluido (SUSTANCIA) entrando a diferentes envases (OBJETO) se utilizó para explicar y dar a comprender el desarrollo de un concepto científico: el concepto Calor desde la perspectiva de la Física. Las categorías o dimensiones proporcionadas por esta matriz resultaron ser las mismas que utiliza la Física para estudiar los fenómenos, aunque éstos sean referidos como una sustancia concreta (Ej. el concepto Fluido Calórico), o como una sustancia abstracta, una entidad o una magnitud (Ej. el concepto Energía).

Palabras clave: metáfora; dimensiones o categorías científicas; comprensión del texto científico.

Abstract

METAPHORICAL REASONING OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE

One of the central problems that affect students at any level is the deficient grasp of scientific language. Aiming at finding a means to solve this problem, a research was conducted in order to determine if colloquial-traditional language, particularly the metaphor, could be a bridge for bringing students closer to the current scientific concepts. A metaphorical matrix structure arisen from emphasizing aspects of a fluid (SUBSTANCE) coming into different containers (OBJECT) was used in order to explain and try to make them understand the analysis of the scientific concept: the concept of 'heat', from the physics point of view. The categories or proportionate dimensions by this matrix were equivalent to those used by Physics for studying different phenomena, although these ones are considered a concrete substance (e.g. the concept of Caloric Fluid), or as an abstract substance, an entity, or a magnitude (e.g. the concept of Energy).

Key words: metaphor; dimensions or scientific categories; scientific text understanding.

Résumé

RAISONNEMENT METAPHORIQUE DU SAVOIR SCIENTIFIQUE

Un des problèmes qui affecte la communauté étudiante dans tous les niveaux éducatifs est celui de la compréhension du langage scientifique. Afin de résoudre ce problème, nous avons étudié si le langage colloquial - traditionnel, particulièrement la métaphore, pourrait être un moyen pour conduire les étudiants à la conceptualisation scientifique actuelle. La structure d'une matrice métaphorique a été utilisée pour expliquer et faire comprendre le développement d'un concept scientifique: celui de chaleur à partir d'une perspective de la Physique, cette matrice a été obtenue de la mise en valeur d'un fluide (SUBSTANCE) occupant des récipients différents (OBJETS). Les catégories ou dimensions fournies par cette matrice ont fini par être les mêmes utilisées par la Physique dans l'étude des phénomènes, même si ceux-ci sont connus comme une substance concrète (ex. Le concept Fluide Calorique), ou comme une substance abstraite, une entité ou une magnitude (ex. Le concept d'Énergie).

Mots-clés: métaphore, dimensions ou catégories scientifiques, compréhension du texte scientifique.

1. Introducción¹

Diversas afirmaciones como la de Burnett (1976) para quien la escuela trabaja eficazmente cuando docentes y estudiantes comparten una cultura común; así como la de que el lenguaje cotidiano proporciona a los estudiantes legitimidad de poder aproximarse al vocabulario científico (Critical Thinking Skills..., 1985) y es el comienzo de los conceptos y del lenguaje científico (Einstein Infield, 1986) - las palabras de la comunicación rutinaria y la cultura que tipifica el lenguaje cotidiano con el fin de buscar una vía para solventar un problema como lo es el de la deficiente captación del lenguaje científico, situación que afecta mundialmente a la población estudiantil.

Como parte de la cultura cotidiana, llegué a la conclusión de que la metáfora podría ser un puente para acercar a los estudiantes al conocimiento científico pues, como se ha señalado, la metáfora estimula a asociar objetos familiares, lugares, gente, conceptos con nuevas ideas, mejora el estilo de la escritura o amplía y despierta las percepciones al estimular nuevos hábitos de pensamiento (Critical thinking skills..., 1985). La metáfora es considerada como un modo de avanzar de lo conocido a lo desconocido (Nisbet, 1976), y por ser frecuente en la comunicación humana (Lakoff y Johnson, 1980), se ha recomendado como herramienta para la comprensión del texto científico y la enseñanza del estilo científico (Latal, 1973; Johnson, 1980, citado por Henao, 1986).

De la literatura analizada en la referida investigación (Álvarez, 1996), la Teoría de Estructuración Conceptual desarrollada por Lakoff y Johnson (1980), que condensa distintos aspectos sobre el proceso enseñanza y aprendizaje, fue escogida como sustentación teórica ya que demuestra cómo la metáfora impregna la vida y el lenguaje cotidiano, el pensamiento y la acción. A partir de fundamentos teóricos fundamentos teóricos de Lakoff y Johnson, se elaboró una matriz surgida de la manipulación directa con el concepto metafórico “Fluido (**SUSTANCIA**)/ Envase (**OBJETO**)”.

El objetivo específico de la investigación fue analizar un concepto científico para explicitar su

génesis metafórica, probando la suposición de que en las concepciones científicas existe una génesis de niveles metafóricos de complejidad creciente.

La metodología consistió en conformar la red de oraciones de la matriz metafórica, la cual se sobrepuso a un texto que previamente reorganicé sobre la evolución del concepto Calor, desde la perspectiva científica de la Física. Al descomponer ese texto científico del concepto Calor en la red de oraciones o metáforas que conforman la matriz, se logró no sólo definir, explicar y estructurar el concepto Calor desde su primera definición, en términos de la Teoría del Fluido Calórico, hasta su última definición, en términos de la Teoría Cinética Molecular, sino también explicar la producción y la definición de Calor en términos de Fuerza, Impulso o Cantidad de Movimiento, Trabajo y Energía.

El resultado más resaltante fue, precisamente, la elaboración de la matriz metafórica que, al ubicar los diferentes niveles conceptuales que caracterizan el desarrollo del conocimiento científico, indicó la concatenación conceptual requerida para captar tal conocimiento: así como en esta matriz cada oración/metáfora ocupa un lugar determinado por su sintaxis, y cada una refiere un nivel cognitivo metafórico, en ese mismo orden, cada oración expresa la concatenación coherente y secuencial de los niveles que caracteriza el entendimiento y la comprensión del desarrollo conceptual científico.

A continuación se expone un resumen de la Teoría de Estructuración Conceptual desarrollada por Lakoff y Johnson (1980) para luego explicar cómo se estructuró la matriz.

2. Marco Teórico-metodológico: teoría de Estructuración Conceptual de George Lakoff y Mark Jonson

Para Lakoff y Johnson (1980), la esencia de la metáfora es entender y experimentar un tipo de cosa en términos de otra, esto es, un concepto se estructura parcialmente, una actividad se estructura metafóricamente, y, en consecuencia, el lenguaje se estructura metafóricamente. Cuando estos autores hablan de metáforas quieren decir concepto metafórico, esto es, un concepto que estructura nuestra actividad y nuestro lenguaje cotidiano en una amplia variedad de expresiones,

y que estructura en parte lo que hacemos y la manera en que entendemos lo que hacemos. Sin embargo, agregan, la comprensión de un concepto en términos metafóricos es parcial y no total ya que de ser así, un concepto sería otro y no sería entendido en términos del otro, y, por tanto, parte de un concepto metafórico no se ajusta ni puede ajustarse a la realidad (pp. 5-6, 10-13).

Según estos autores, la experiencia física y cultural, por ejemplo, proporciona muchos fundamentos posibles para una serie de metáforas como las orientacionales o espaciales que tienen que ver con la orientación espacial como arriba-abajo, dentro-afuera, etc., que dan al concepto una orientación espacial como FELIZ ES ARRIBA, y originan expresiones como “Hoy me siento alto” (en inglés I’m feeling up today): Estas orientaciones metafóricas no son arbitrarias, tienen una base en nuestra experiencia física y cultural. Si bien las oposiciones polares arriba-abajo, adentro-afuera, etc., son de naturaleza física, las metáforas orientacionales basadas en ellas pueden variar de una cultura a otra (Lakoff y Johnson, 1980, pp. 14-15, 25-30, 61).

La experiencia con objetos físicos (especialmente nuestros propios cuerpos) proporciona la base de otras metáforas como las ontológicas (Ej. EL CAMPO VISUAL ES UN ENVASE). Estas metáforas son formas de considerar acontecimientos, actividades, emociones, ideas, etc. como entidades y sustancias para poder cuantificar, identificar aspectos y causas, establecer propósitos u objetivos, motivar acciones. Cuando se quiere ir mucho más allá que orientar conceptos, referirnos a ellos, cuantificarlos, etc., como ocurre con las simples metáforas orientacionales y ontológicas, se encuentran las metáforas estructurales, las cuales permiten utilizar un concepto muy estructurado y claramente delineado para estructurar otro. Aseguran los autores, que algunos de los conceptos centrales en términos de los cuales funcionan nuestros cuerpos —ARRIBA-ABAJO, ADENTRO-AFUERA, etc.— están más claramente delineados que otros y emergen directamente de la experiencia. Estos son llamados los conceptos emergentes, los cuales constituyen las bases de las metáforas emergentes: tales como

FELIZ ES ARRIBA, etc. (Lakoff y Johnson, 1980, pp. 57-58).

Pero al no existir una distinción clara entre los conceptos emergentes (como ARRIBA-ABAJO, ADENTRO-AFUERA) y los conceptos metafóricos emergentes basados en nuestra experiencia (como EL CAMPO VISUAL ES UN ENVASE), Lakoff y Johnson (1980) hablan más bien de un núcleo directamente emergente que se elabora metafóricamente como el concepto o dimensión CAUSA, basado en un prototipo, el de la MANIPULACIÓN DIRECTA con las cosas, parte necesaria de nuestro funcionamiento cotidiano ya que nuestro buen funcionamiento en el mundo implica la aplicación constante de ese concepto a nuevos dominios de la actividad —por medio de la intención, la planificación, la extracción de inferencias, etc. Los autores usan el término prototípico en el mismo sentido que Rosch (1977), cuyos experimentos indican que la gente categoriza los objetos en términos de prototipos y de semejanza familiar. El núcleo prototípico del concepto Causa, según los autores, no es un primitivo semántico inanalizable, sino más bien una gestalt que consiste en propiedades que concurren en conjunto de una manera natural en nuestra experiencia diaria de manipulaciones directas (pp. 69, 71-72, 75).

Junto con la dimensión CAUSA, la experiencia es estructurada en términos de otras dimensiones (como participantes, partes, niveles o límites, papel, etapas, contenido, progreso, secuencia lineal, propósito u objetivo, lo obvio, lo oculto, fuerza, etc.) que son categorías que emergen de manera natural de nuestra experiencia y que son definidas en términos de conceptos directamente emergentes: Estas categorías son denominadas gestales experienciales, y son una multidimensional totalidad estructurada. Estructurar nuestra experiencia en términos de tales gestales multidimensionales es lo que hace nuestra experiencia coherente: la experiencia es natural por ser producto de nuestro cuerpo (aparatos perceptual, motor, capacidades mentales, carácter emocional, etc.), de nuestras interacciones con nuestro medio ambiente físico (movimiento, manipulación de objetos, etc.) y nuestras interacciones con las demás

personas dentro de nuestra cultura -en términos de instituciones sociales, políticas, económicas y religiosas (Lakoff y Johnson, 1980, pp. 80-81, 117).

Debido a que las dimensiones se definen a su vez en términos de conceptos que emergen directamente, y ya que los conceptos que definen a otro concepto emergen de nuestras interacciones con uno y otro concepto y con el mundo, el concepto definido metafóricamente por los conceptos definidores (o emergentes) se entiende en términos de propiedades interaccionales tales como las perceptuales, actividad motora, de propósito, etc., y no en términos de propiedades inherentes, tal como sostiene el punto de vista estándar-objetivista donde todo en el universo está bien dentro, o bien fuera de la categoría (Lakoff y Johnson, 1980, pp. 81, 119-122).

Basada en estos postulados teóricos, a continuación se explica cómo surgió y se estructuró esta matriz.

3. Metodología

Esta matriz metafórica, basada en el lenguaje coloquial-tradicional o cotidiano, está constituida por una red de oraciones o metáforas estructurales multidimensionales de complejidad creciente surgidas al destacar cuatro aspectos de un Fluido (sustancia) entrando a diferentes Envases (objetos). Cada aspecto del concepto “Fluido (SUSTANCIA)/Envase(OBJETO)” es un nivel conceptual integrado por expresiones lingüísticas, que no son más que dimensiones (propiedades o categorías) dadas en conjunto, y conformadas, a su vez, por conceptos emergentes como SUSTANCIA/ENVASE, OBJETO/ENVASE, NIVEL/VALOR, etc., así como por bases experienciales de orientación espacial como ARRIBA-ABAJO, ADENTRO-AFUERA, etc.

Pero a medida que se destacan aspectos del concepto Fluido (SUSTANCIA)/Envase (OBJETO) surgen nuevas dimensiones², nuevas bases experienciales y nuevas implicaciones e intersecciones entre oraciones o entre aspectos, lo cual origina que la sintaxis de las oraciones se vuelva más compleja. Esa complejidad de la sintaxis es, precisamente, la que determina el

lugar de la oración dentro de la red metafórica: a menor complejidad sintáctica de la oración, el nivel conceptual metafórico es más bajo o simple. A continuación se describe cómo se elaboró esta matriz metafórica. Se observará el surgimiento de dimensiones, bases experienciales, implicaciones y consecuencias metafóricas y no metafóricas, así como la complejidad sintáctica de las expresiones lingüísticas.

Estructura de la Matriz Metafórica

a. En el primer aspecto de la manipulación directa con el concepto Fluido (SUSTANCIA)/Envase (OBJETO), se tiene los conceptos emergentes de la dimensión tipos de participantes, una sustancia/contenido (fluido) y un objeto (envase), y una acción –suministrar o entrar (almacenarse) un fluido (sustancia) en un envase (objeto)– que responde a la pregunta ¿qué hace?, y que pertenece a la dimensión manipulación directa del concepto CAUSA. Estos conceptos originaron la metáfora estructural de acción/actividad N° 1: El fluido (sustancia) entra (adentro) en los envases (objetos)³.

Todos los participantes desempeñan distintos papeles o tienen distintas metas (objetivos) que se expresan en el resultado de la acción. Pero en esa manipulación directa se da una secuencia lineal: en primer lugar, se tiene un envase (objeto) vacío al que se le suministra fluido (sustancia). Del resultado de la acción de almacenarse (adentro) un fluido en un envase, aparece el participante nivel del fluido, el cual que se eleva (arriba) simultáneamente. Surge así la metáfora N° 2, Los envases (objetos) elevan (arriba) el nivel del fluido al suministrarles fluido (sustancia), almacenando (adentro) fluido. De la implicación de estas dos metáforas, surgió la N° 3: El fluido (sustancia) suministrado a los envases (objetos) eleva (arriba) su nivel, almacenando (adentro) los envases fluido (sustancia).

Tanto la acción (actividad) de los participantes, como el resultado de la misma, dan al concepto “Fluido (SUSTANCIA)/Envase (OBJETO)” una orientación espacial expresada en bases experienciales como ADENTRO-ARRIBA

(elevar, vertical, exterior) y AFUERA-ABAJO (disminuir, horizontal, interior), producto de la base experiencial ADENTRO-AFUERA y ARRIBA-ABAJO, que fácilmente sustituyen a las metáforas (véase Fig. 1).

- b. El segundo aspecto de este concepto resalta la acción de suministrar más cantidad de fluido (más sustancia) a un mismo envase (objeto). Surge, la metáfora N° 4: Los envases (objetos) elevan más (más arriba) el nivel del fluido al suministrarles más fluido (más sustancia), almacenando más cantidad de fluido (más adentro). De la implicación entre las metáforas N° 3 y N° 4, surgió como consecuencia la metáfora N° 5: Una mayor cantidad de fluido (más sustancia) suministrada a los envases (objetos) eleva más (más arriba) el nivel del fluido, almacenando los envases más cantidad de fluido (más adentro).

En este aspecto aparecen dos dimensiones lo obvio (es obvio que el nivel del fluido vaya más arriba en (dentro) del envase (objeto) ya que almacena más fluido (más sustancia adentro) y progreso: el nivel del fluido progresa a otros niveles (más arriba) dentro del envase (objeto). Una de las bases experienciales surgida es: MÁS ADENTRO-MÁS ARRIBA y MENOS ADENTRO (AFUERA)-MENOS ARRIBA (ABAJO).

- c. El tercer aspecto de este concepto -donde se produce una especialización del concepto Envase (objeto)- refiere el acto de suministrar la misma cantidad de fluido (misma sustancia) a dos envases (objetos) distintos, uno ancho y otro angosto, con la base en el mismo nivel, con el borde superior a la misma altura y con los mismos niveles señalados a lo largo de ambos. El resultado de esa acción es que el nivel del fluido

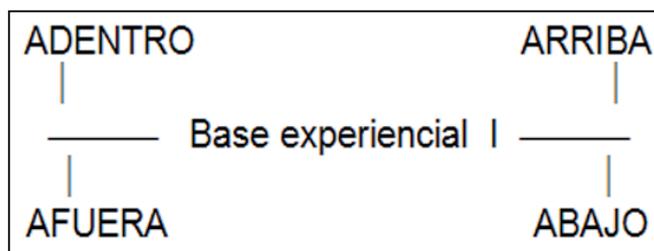
se eleve más rápido (**más arriba en el mismo tiempo**) en el envase **angosto**.

En este aspecto surge la dimensión fuerza que refiere la rapidez en elevarse el nivel del fluido: el nivel del fluido se eleva más rápido (más arriba en el mismo tiempo o rápido arriba) en el envase angosto. Entre las bases experienciales surgidas se tiene: ANGOSTO-ARRIBA y ANCHO-ABAJO, ANGOSTO-MÁS ARRIBA y ANCHO-MENOS ARRIBA (ABAJO), ANGOSTO-RÁPIDO ARRIBA y ANCHO-LENTO ARRIBA, ANGOSTO-MENOS SUSTANCIA (fluido) DENTRO DE CADA NIVEL y ANCHO-MÁS SUSTANCIA (fluido) DENTRO DE CADA NIVEL.

Estas dimensiones y bases experienciales mantienen las premisas discutidas en los dos primeros aspectos, a saber:

- **Contenido/sustancia:** el **mismo contenido** de fluido (**misma sustancia**) se almacena (**entra**) en los dos envases (**objetos**)
- **Progreso:** el nivel del fluido *progresa* a otros niveles (**más arriba**) en el envase **angosto** (**ANGOSTO ES ARRIBA-ANCHO ES ABAJO**)
- **Lo obvio:** es obvio que el nivel del fluido se eleve más (**más arriba**) en (**dentro**) el envase **angosto** pues almacena menos fluido en cada nivel (**menos sustancia dentro**). Entre las bases experienciales se tiene: **ARRIBA ES MENOS SUSTANCIA DENTRO/EN CADA NIVEL, ANGOSTO ES ARRIBA, ANGOSTO ES MENOS SUSTANCIA EN CADA NIVEL**
- **Lo básico:** siempre que se almacene (**adentro**) un fluido (**sustancia**) en un envase (**objeto**), el nivel del fluido **va hacia**

Figura 1



Fuente: proceso de investigación

arriba, unas veces **rápidamente** y otras **lentamente** como en el envase **angosto** y **ancho**, respectivamente. De aquí se obtiene otra base experiencial: **RÁPIDO ARRIBA ES ANGOSTO-LENTO ARRIBA (ABAJO) ES ANCHO.**

d. El cuarto aspecto refiere lo siguiente: No siempre que se suministre fluido a los envases éstos elevan el nivel del fluido pues si se les suministra fluido cuando están llenos (cuando el nivel del fluido esté en el máximo nivel), el nivel del fluido se mantiene igual, sin variar, ya que lo que hace un fluido en un envase es variar o cambiar los mismos niveles hacia arriba (elevación) si se almacena (entra) en un envase (objeto), para cuando el fluido alcance el máximo nivel (se llene el envase (máximo arriba), teniendo los envases almacenada distinta cantidad de fluido (distinta sustancia) en (dentro) cada variación hacia arriba de un nivel, si se les suministra fluido, el fluido fluya (afuera) a otro envase (objeto), manteniéndose igual (sin variar) el nivel del fluido.

Por lo tanto, no sólo el hecho de que un fluido vaya hacia arriba en (dentro) un envase quiere decir que se le está suministrando fluido: también cuando un fluido (sustancia) fluye (afuera) a otro envase (objeto), manteniéndose sin variar o cambiar el nivel, se está suministrando fluido a un envase.

La introducción del concepto cambio o variación del nivel del fluido, que implica dos direcciones **ADENTRO-ARRIBA**—elevar, vertical, exterior—y **AFUERA-ABAJO** —disminuir, horizontal, interior, origina una especialización del concepto Fluido/Sustancia y guarda coherencia con los aspectos descritos previamente como se explica a continuación.

En el segundo aspecto, la causa de un mayor cambio o variación de niveles hacia arriba (más arriba) depende de una mayor cantidad de fluido suministrada o almacenada en (más sustancia adentro) un mismo envase (objeto). En el tercer aspecto, el mayor cambio/variación de niveles hacia arriba depende del envase/objeto: como el envase angosto almacena menos fluido (sustancia) en (dentro) cada nivel, el nivel del fluido se eleva

más en el mismo tiempo (progresa rápido arriba) en ese envase. En el cuarto aspecto, que enfatiza un igual cambio/variación de niveles hacia arriba en el mismo tiempo, depende de la cantidad de fluido (sustancia) suministrada: para que el nivel del fluido se eleve los mismos niveles (igual arriba) en el mismo tiempo en dos envases distintos con la base en el mismo nivel, con el borde superior a la misma altura y los mismos niveles señalados a lo largo de ellos, uno angosto y otro ancho, al ancho hay que suministrarle mayor cantidad de fluido rápidamente. Como lo que destaca este aspecto es que el nivel del fluido “se eleve igual en el mismo tiempo en ambos envases” se debe suministrar mayor cantidad de fluido rápidamente al envase ancho. En este aspecto, el concepto rapidez se refiere al suministro de fluido a los envases y no a la elevación del nivel como sucede en el tercer aspecto. Por lo tanto, para que el nivel del fluido se eleve igual en los dos envases en el mismo tiempo, al envase ancho hay que suministrarle mayor cantidad de fluido rápidamente o al envase angosto hay que suministrarle menor cantidad de fluido lentamente.

Cuando el concepto “Fluido (SUSTANCIA)/ Envase (OBJETO)” estuvo estructurado como un todo y ampliamente delineado en una red de oraciones, se sobrepuso al texto elaborado sobre la evolución del concepto Calor desde la perspectiva de la Física. Como de este concepto se debía conocer su lugar en la génesis conceptual científica ya que, la verdadera noción de un concepto científico, tal como lo establece Vygotski (1987) implica una determinada posición en relación con otros conceptos, un lugar dentro del sistema de conceptos (p. 131), a ese lugar (espacio), agregué el tiempo (Alvarez, 1996), es decir, el contexto o las distintas teorías científicas de la Física que fundamentan los fenómenos de su interés, y que ubican los distintos momentos históricos de cada fase evolutiva del concepto Calor, para poder así entender su desarrollo.

A continuación se observará cómo en la correlación Matriz Metafórica/Concepto Calor, las fases de desarrollo de este concepto científico tienen una equivalencia exacta con la estructura de las metáforas de esta matriz⁴.

4. Resultados

En el tercer aspecto destacado del concepto metafórico “Fluido (SUSTANCIA)/Envase (OBJETO)”, la metáfora N° 6, que especializa al concepto Envase (Objeto), dice: “La misma cantidad de fluido (igual sustancia) suministrada a dos envases (objetos) distintos vacíos, uno ancho y otro angosto, con la base en el mismo nivel, con los mismos límites o niveles a lo largo de ellos y con el borde superior a la misma altura, eleva más (más arriba) el nivel del fluido en el envase angosto (por almacenar menor cantidad de fluido en cada elevación (variación hacia arriba) de un nivel, requiere que se le suministre menor cantidad de fluido para elevar el nivel del fluido).

Entre las bases surgidas se cuenta: IGUAL SUSTANCIA ADENTRO (fluido suministrado)-NIVELES MÁS ARRIBA EN ANGOSTO, NIVELES MÁS ARRIBA- MENOS SUSTANCIA EN CADA NIVEL, MENOS SUSTANCIA EN CADA NIVEL- MÁS NIVELES ARRIBA EN EL MISMO TIEMPO (RÁPIDO ARRIBA), RÁPIDO ARRIBA- ANGOSTO.

Las equivalencias de esta metáfora y de las bases experienciales en cada fase de desarrollo del concepto Calor son las siguientes:

1) Primera fase (en términos de la Teoría del Fluido Calórico): “La misma cantidad de calor (igual sustancia adentro) suministrada a dos masas iguales de cuerpos o sustancias distintas (objetos distintos) a la misma temperatura, uno de calor específico mayor (agua) y otro de calor específico menor (mercurio), eleva más la temperatura (niveles más arriba) del cuerpo o sustancia de calor específico menor/angosto (por almacenar menor/poca cantidad de calor en cada elevación de un grado de temperatura –menos sustancia en cada-, requiere que se le suministre menor cantidad de calor para elevar su temperatura un grado).

También se destaca: Menor calor almacenado en cada grado de temperatura (MENOS SUSTANCIA EN CADA NIVEL)- más elevación de la temperatura o más cambio de grados en el mismo tiempo (MÁS NIVELES ARRIBA EN EL MISMO TIEMPO/RÁPIDO ARRIBA); rápida elevación de la temperatura

(RÁPIDO ARRIBA)- cuerpo de calor específico menor (ANGOSTO).

2) Segunda fase (en términos del concepto Fuerza): “La misma fuerza aplicada (igual sustancia) en sentido del movimiento uniforme a dos cuerpos de masas distintas (objetos distintos) con la misma velocidad o el mismo movimiento uniforme, es decir, variando las mismas posiciones en el mismo tiempo en la misma dirección, uno de masa mayor y otro de masa menor, eleva más la velocidad o acelera más (niveles más arriba) al cuerpo de masa menor/angosto (por resistir menos al movimiento o al cambio de estado de movimiento o por presentar menos oposición a su movimiento, requiere que se le aplique una fuerza menor en sentido de su movimiento uniforme para elevar su velocidad o acelerarse o para variar una posición hacia arriba en el mismo tiempo en la misma dirección.

En esta fase se destaca: Menor fuerza aplicada para cambiar una posición (MENOS SUSTANCIA EN CADA NIVEL)- más elevación de la velocidad o más cambio de posiciones en el mismo tiempo en la misma dirección (MÁS NIVELES ARRIBA EN EL MISMO TIEMPO/RÁPIDO ARRIBA); rápida elevación de la velocidad (RÁPIDO ARRIBA)-cuerpo de masa menor (ANGOSTO).

3) Tercera fase (en términos del concepto Impulso o Cantidad de Movimiento): “El mismo impulso aplicado (igual sustancia) en sentido del movimiento lineal a dos cuerpos de masas distintas (objetos distintos) con la misma velocidad o aceleración, o con el mismo movimiento uniforme/lineal (variando las mismas posiciones lineales en el mismo tiempo), uno de masa mayor y otro de masa menor, eleva más la cantidad de movimiento lineal o la velocidad, es decir, acelera más (niveles más arriba) al cuerpo de masa menor/angosto (por resistir menos al movimiento o al cambio de estado de movimiento, o por presentar menos oposición a su movimiento, requiere que se le aplique un impulso menor -fuerza menor en el mismo tiempo- en sentido de su movimiento para elevar su cantidad de movimiento lineal o

su velocidad, o para acelerarse, es decir, para variar hacia arriba una posición en el mismo tiempo en la misma dirección.

En esta fase se tiene: Menor impulso aplicado al cuerpo para cambiar una posición (MENOS SUSTANCIA EN CADA NIVEL)- más elevación de la cantidad de movimiento lineal o más cambio de posiciones en el mismo tiempo en la misma dirección (MÁS NIVELES ARRIBA EN EL MISMO TIEMPO/RÁPIDO ARRIBA); rápida elevación de la cantidad de movimiento lineal o de la velocidad (RÁPIDO ARRIBA)- cuerpo de masa menor (ANGOSTO).

- 4) Cuarta fase (en términos del concepto Trabajo): “El mismo trabajo realizado (igual sustancia) sobre dos cuerpos de masas distintas (objetos distintos) con la misma velocidad a lo largo de una misma distancia (con el mismo movimiento uniforme o lineal, es decir, cambiando o variando las mismas posiciones en el mismo tiempo a lo largo de una misma distancia o en la misma dirección), uno de masa mayor y otro de masa menor, eleva más el desplazamiento, la velocidad o el movimiento en la misma dirección, es decir, acelera más o hace recorrer al cuerpo una distancia mayor en el mismo tiempo en la misma dirección (niveles más arriba), al cuerpo de masa menor/angosto (por resistir menos o presentar menos oposición a su movimiento, o por ceder más rápido/fácilmente al movimiento o al cambio de estado de movimiento, requiere menor realización de trabajo sobre él -que se le aplique una fuerza menor en el mismo tiempo- en sentido de su movimiento, de su movimiento inicial, de su movimiento uniforme o lineal, para elevar o variar su desplazamiento, su movimiento, su velocidad o para acelerarse a lo largo de una misma distancia, es decir, para elevar una posición o para cambiar/variación una posición hacia arriba en el mismo tiempo a lo largo de una misma distancia, en la misma dirección o sobre la misma superficie.

Se puede destacar: Menor trabajo realizado sobre el cuerpo para cambiar una posición (MENOS SUSTANCIA EN CADA NIVEL)- más elevación del desplazamiento en la misma dirección o más elevación de posiciones en el

mismo tiempo a lo largo de la misma distancia (MÁS NIVELES ARRIBA EN EL MISMO TIEMPO/RÁPIDO ARRIBA); rápida elevación del desplazamiento en la misma dirección (RÁPIDO ARRIBA)- cuerpo de masa menor (ANGOSTO).

- 5) Quinta fase (en términos del concepto Energía): “La misma transferencia de Energía Cinética o E.C. (igual sustancia) a dos cuerpos de masas distintas (objetos distintos) situadas sobre una misma superficie de referencia, uno de masa mayor y otro de masa menor, eleva más de la superficie (niveles más arriba) al cuerpo de masa menor/angosto (por almacenar menos energía de posición o Energía Potencial -E.P.- en cada elevación de una posición o en cada variación de una posición hacia arriba con relación a la misma superficie, requiere menor o poca transferencia de E.C. para elevarse de una superficie de referencia, para variar una posición en dirección hacia arriba en el mismo tiempo con relación a la misma superficie.

En esta fase se destaca: Menor energía almacenada -E.P.- en cada posición (MENOS SUSTANCIA EN CADA NIVEL)- más elevación de posiciones en el mismo tiempo en dirección hacia arriba con relación a una misma superficie de referencia (MÁS NIVELES ARRIBA EN EL MISMO TIEMPO/RÁPIDO ARRIBA); rápida elevación de una misma superficie de referencia (RÁPIDO ARRIBA)- cuerpo de masa menor (ANGOSTO).

- 6) Sexta fase (en términos de la Teoría Cinética Molecular)⁵. En esta fase la oración 6 dice: “La misma cantidad de calor (igual sustancia) suministrada (la misma transferencia de Energía Térmica -E.T.-) a dos masas iguales de cuerpos o sustancias cuyas moléculas poseen diferente energía interna (E.C.+E.P.) o de diferente calor específico (objetos distintos) a la misma temperatura, una cuyas moléculas poseen mayor E.P. como los cuerpos de calor específico mayor (agua) y otra cuyas moléculas poseen mayor E.C. como los cuerpos de calor específico menor (mercurio) en un mismo estado, estado líquido, eleva más la temperatura o eleva más la E.C. de las moléculas (niveles más arriba) del

cuerpo de calor específico menor o del cuerpo cuyas moléculas poseen mayor E.C./angosto (por almacenar menor/poca cantidad de calor en cada elevación de un grado de temperatura o al elevar sus moléculas su E.C., por almacenar menor/poca cantidad de calor como E.P. de las moléculas, porque sus moléculas tienen mayor E.C. o porque el calor suministrado se manifiesta como E.C. de las moléculas, requiere que se le suministre poca/menor cantidad de calor para elevar su temperatura un grado o para elevar la E.C. de sus moléculas”.

Se puede destacar: Menor calor almacenado en cada grado de temperatura (MENOS SUSTANCIA EN CADA NIVEL)- más elevación de grados de temperatura en el mismo tiempo (MÁS NIVELES ARRIBA EN EL MISMO TIEMPO/RÁPIDO ARRIBA); rápida elevación de la temperatura (RÁPIDO ARRIBA)- cuerpo de calor específico menor (ANGOSTO)⁶.

5. Conclusiones

Se ha podido estructurar los conceptos Calor, Fuerza, Impulso, Trabajo, Energía y Energía Térmica en términos de otro concepto ya estructurado como el concepto “Fluido/Envase”, una sustancia y un objeto, respectivamente, con base en correlaciones sistemáticas dentro de la experiencia con este concepto. En este caso un concepto más claramente delineado en nuestra experiencia, el más concreto, como el concepto “Fluido/Envase”, un dominio básico de la experiencia, proporciona una estructura suficientemente clara que estructuró la evolución del concepto Calor desde la perspectiva de la Física, y todos los conceptos implicados en su desarrollo, mediante una gestalts multidimensional, con el fin de definir dominios menos concretos o menos claramente delineados en sus propios términos.

Esta afirmación se observa cuando se recurrió a conceptos y cantidades que se manejan en la vida cotidiana como temperatura, cuerpos distintos, estados distintos de una misma sustancia para definir el concepto Calor en términos de la teoría Cinética Molecular, en vez de definir ese mundo alejado y desconocido como el microscópico en otros términos como los de la estadística.

En esa sistematicidad, que permite comprender un aspecto de un concepto en términos de otro, se

puede observar que a pesar de que la noción de un concepto está mediatizada por otro concepto, el módulo de pensamiento científico siempre es el mismo y es metafórico.

Los resultados de esta investigación demuestran que el concepto metafórico “Fluido(SUSTANCIA)/ Envase (OBJETO)” proporciona las categorías o dimensiones para la comprensión total del desarrollo del concepto Calor desde la perspectiva científica de la Física, y que la categorización científica se realiza en términos de un prototipo metafórico; es decir, los conceptos científicos son definidos en términos de una semejanza familiar. Sin embargo, la definición metafórica del concepto Calor se ajusta a la realidad, es decir, en la definición metafórica de los conceptos científicos analizados surgió la realidad cotidiana que le sirvió de base para entender y explicar los fenómenos de interés de la ciencia, aunque éstos sean referidos, científicamente, como una sustancia concreta, por ejemplo en términos de la teoría del Fluido Calórico, o como una sustancia abstracta, entidad o magnitud como lo es la definición del concepto Energía.

Estos resultados establecen la diferencia con respecto a las afirmaciones de Lakoff y Johnson (1980) cuando refiriéndose a la comprensión de un concepto en términos metafóricos indican que ésta es parcial y no total ya que de ser así, un concepto sería otro y no sería entendido en términos del otro, y, que parte de un concepto metafórico no se ajusta ni puede ajustarse a la realidad (pp. 12-13).

La importancia de estos resultados radica en que esta matriz metafórica tiene la capacidad no sólo de integrar diferentes campos y áreas simultáneamente, y de ser un puente entre las ciencias y las humanidades, ya que al seleccionar los rasgos resaltantes que definen la conceptualización científica ha ayudado a interpretar los conceptos y el modo de pensamiento de la Física.

Este modelo podría ser utilizado por los docentes para ayudar a cualquier estudiante a comprender otros conceptos o definiciones científicas, así como diferentes teorías científicas, pertenecientes a las Ciencias Naturales y/o exactas y de las Ciencias Sociales o Humanas. Sin embargo, para lograr ese objetivo, los docentes tendrían que realizar una descomposición metafórica de manera reivindicada

de tales conceptos y definiciones, con el fin de develar los conceptos emergentes de orientación espacial como adentro/afuera y arriba/abajo de esta matriz metafórica que están ocultos en la Física.



Notas

- 1 Este artículo se basa en una investigación financiada por el Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCHT), Código: NURR-H-40-88. Universidad de Los Andes (ULA), Venezuela. Agradezco al Prof. Dr. Miguel Briceño Gil, Instituto de Filosofía, Universidad Central de Venezuela (UCV) por su asesoría en la práctica investigativa, y a la Prof. Gladys Gutiérrez, Departamento de Física (ULA, Trujillo), por sus esclarecedoras observaciones sobre las expresiones científicas elaboradas desde el inicio de esta línea de investigación.
- 2 Las dimensiones dadas en conjunto aumentan su número a medida que se destacan nuevos Aspectos del concepto "Fluido (**SUSTANCIA**)/Envase (**OBJETO**). En el primer aspecto surgen 6 dimensiones, en el segundo 7, en el tercero 8 y en el cuarto 11.
- 3 Las *partes* del envase/**objeto** son: base (**mínimo nivel**) sucesivos **niveles** a lo largo del envase (**objeto**) y borde superior (**máximo nivel**). **El nivel del fluido**, un valor, es un acto de cuantificación de la actividad de los participantes para considerarlos como una sustancia o una entidad y, poder cuantificar, identificar aspectos y causas, establecer propósitos y objetivos, etc., tal como destacan Lakoff y Johnson (1980) de las metáforas ontológicas.
- 4 Si bien el número de oraciones/metáforas del concepto "Fluido (**SUSTANCIA**)/Envase (**OBJETO**)" asciende a un total de 34, en cada fase evolutiva del concepto Calor este número varía. Así, la Primera fase (definición del concepto Calor en términos de la Teoría del Fluido Calórico), la Segunda (definición del concepto Fuerza), la Tercera (definición del concepto Impulso o Cantidad de movimiento) y la Cuarta (definición del concepto Trabajo) presentan 41 oraciones. La Quinta fase (definición del concepto Energía) tiene 37 y la Sexta fase (definición del concepto Calor en términos de la Teoría Cinética Molecular) presenta 85 oraciones
- 5 De acuerdo con la teoría cinética, un gas es un agregado de un enorme número de partículas o moléculas moviéndose en todas direcciones, chocando entre sí

y cambiando de dirección en cada colisión (Einstein e Infeld, 1986, pp. 41-42).

- 6 A nivel interno o molecular se logra: Menor calor almacenado como E.P. de las moléculas (**MENOS SUSTANCIA EN CADA NIVEL**)- más elevación de la E.C. de las moléculas en el mismo tiempo (**MÁS NIVELES ARRIBA EN EL MISMO TIEMPO/RÁPIDO ARRIBA**), rápida elevación de la E.C. (**RÁPIDO ARRIBA**) de las moléculas en cualquier dirección- cuerpo de calor específico menor (**ANGOSTO**).



Referencias

- Alvarez, N. (1996). *La Metáfora y el Desarrollo Científico*. Mérida: Consejo de Publicaciones de la Universidad de Los Andes-Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la ULA.
- Burnett, J. (1973). La Cultura de la Escuela: una noción para el estudio y la comprensión de la educación. *Estudios y Documentos de Educación*, 11, 14-18.
- Critical thinking skills in Secondary Language Arts. Teaching guide (1985). *Brevard County School District*. Rockledge, FL (ERIC Document Reproduction Service No ED 289 786). 103 p.
- Einstein, A., e Infeld, L. (1986). *La Evolución de la Física*. Barcelona. Salvat Eds. (Biblioteca Científica Salvat. (Original de la Hebrew University of Jerusalem).
- Henoa, O. (1986). Influencia de esquemas culturales específicos en la comprensión del lenguaje metafórico. *Lectura y vida. Revista Latinoamericana de Lectura*. VII(1), 25-29.
- Lakoff, G., y Johnson, M. (1980). *Metaphors We Live By*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Latal, J. (1973). Scientific style of a foreign language as a teaching goal (Some notes concerning ever-present problems). *Language Abstract* N° 009758.
- Nisbet, R. A. (1976). *Cambio Social e Historia. Aspectos de la Teoría Occidental del Desarrollo*. Barcelona: Crítica.
- Vygotski, L. (1987). *Pensamiento y Lenguaje*. Buenos Aires: La Pléyade.