



SECCIÓN TEMAS LIBRES



PARA APRENDER A APRENDER CIENCIAS SE REQUIERE DEL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO FORMAL

LEARNING TO LEARN SCIENCE REQUIRES
THE DEVELOPMENT OF FORMAL THINKING

**RICARDO ARTURO TREJO DE HITA Y
SEVERO FRANCISCO JAVIER
TREJO BENÍTEZ**

Recibido: 27 de junio del 2020
Aprobado: 28 de noviembre del 2020

Resumen

Uno de los principales problemas para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias son las ideas previas del sentido común que presentan los alumnos. Estas ideas son un obstáculo porque no permiten que los conceptos científicos se incorporen en forma estable y coherente. Estas ideas se originan por observaciones superficiales y razonamientos con una lógica simple causal directa.

En la historia de la ciencia y la evolución del pensamiento humano, tales ideas pudieron ser desplazadas por un cambio conceptual, debido al desarrollo del pensamiento formal y las metodologías científicas. Gracias a éstas, se pudo cambiar las evidencias del sentido común por razonamientos más lógicos, críticos y rigurosos. Se puso en cuestión lo obvio, se imaginaron otras posibilidades en las hipótesis y se sometieron a comprobación por medio del experimento.

Para desarrollarles el pensamiento formal a los alumnos, se les enseñan las bases de las metodologías científicas. Para ello, realizan varios análisis metodológicos de investigaciones científicas para ejercitarlos intelectual y procedimentalmente. Esto los capacita para que aprendan a aprender y realicen autónomamente sus propias investigaciones.

Palabras clave: aprendizaje de las ciencias, ideas previas del sentido común, desarrollo del pensamiento, metodologías científicas, aprendizajes autónomos, cambio conceptual significativo.

Abstract

One of the main issues in teaching and learning of sciences are commonsense ideas in students. Those ideas are an obstacle because they do not allow students to get scientific concepts stably and coherently. The origin of these ideas is a superficial observation and a logical and straightforward way of thinking.

In science history and human thinking evolution, such ideas were changed with a conceptual shift due to mindset development and scientific methodologies. Thanks to those strategies, commonsense ideas were changed for more logical, critical, and rigorous thinking. Testing out the obvious, imagining other hypothesis possibilities, and trying them out with experiments is needed for a conceptual change.

To develop formal thinking in students is necessary to teach them the scientific methodologies basis. To accomplish that, they do much methodological analysis about scientific investigations for exercising their intellectual and procedural knowledge. This practice help students to learning to learn and do their own research.

Keywords: science learning, commonsense ideas, thinking development, scientific methodologies, autonomous learning, significant conceptual change.

LAS IDEAS PREVIAS, OBSTÁCULO EN LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

Uno de los principales problemas para la enseñanza-aprendizaje de los conceptos de las ciencias es la construcción de representaciones y nociones con las que los alumnos interpretan y dan significado a los conceptos científicos: las ideas previas o preconceptos.

Las ideas previas del sentido común con las que construyen sus esquemas cognoscitivos, originados a partir de las experiencias cotidianas y de la información que reciben de la familia, el medio social y los medios de comunicación; responden a observaciones superficiales y a razonamientos con una lógica simple causal directa. Estas ideas pueden ser útiles para la vida cotidiana, pero son científicamente erróneas desde el punto de vista conceptual.

Estas ideas o preconceptos son un obstáculo para el aprendizaje, porque no permiten que los conceptos científicos se incorporen en forma estable y coherente. No se aprende significativamente porque los alumnos no son capaces de utilizar estos conocimientos para resolver problemas y explicarse correctamente los fenómenos naturales. Las ideas previas del sentido común son difíciles de cambiar y son persistentes. Parecen evidentes y lógicas, pero se contraponen con los conceptos científicos enseñados en la escuela.

Históricamente las ideas del sentido común solo pudieron ser desplazadas, después de varios siglos de vigencia, por un cambio conceptual, a través del pensamiento formal y con empleo de la metodología científica. Con ello, se superó a las creencias del sentido común o evidencias superficiales, introduciendo nuevas formas de pensamiento, más lógico, crítico y riguroso. Se puso en cuestión lo obvio y se imaginaron otras posibilidades a título de hipótesis, las cuales fueron sometidas a comprobación por medio del experimento, para aceptarlas o rechazarlas.

El cambio conceptual de las ideas del sentido común por conceptos científicos significativos es la nueva visión del aprendizaje de las ciencias. Se busca entonces que la educación sea centrada en el cognitivismo y enfocada en el constructivismo, que privilegie la promoción del desarrollo del pensamiento como una potente herramienta del aprendizaje significativo que se traduzca en el objetivo de *aprender a aprender*.



Fotografía 1. La enseñanza-aprendizaje de las ciencias requiere del desarrollo de un pensamiento formal. Fuente: elaboración propia.

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL PENSAMIENTO

Son varios los ejemplos, en la historia de la ciencia, en los que se puede notar cómo se dio el cambio conceptual a través de la metodología científica. A continuación, se describen algunos de ellos.

En la época precientífica, en el año 384 a. C., Aristóteles pensaba que, por medio de la razón, era posible establecer los principios más generales que regulan la naturaleza y a partir de ellos deducir la realidad. Él solía basarse en observaciones superficiales y con razonamientos deductivos causales directos.

Deducía, por ejemplo, que si en los charcos con lodo hay ranas, entonces estas se originaron de éste por generación espontánea. Para ello, hacía falta que la materia inerte (el lodo) se combinara con la entelequia (fuerza vital). A partir de una explicación parecida es como él también proponía que los piojos se originaban del sudor, los chapulines del rocío o los troncos en un pantano de los que se originaban los cocodrilos.

En la Edad Media, hace 1500 años, la concepción de la naturaleza se basaba en dogmas cristianos. Había un estancamiento en la evolución del pensamiento y el conocimiento. Desde entonces se creía que los seres vivos fueron creados por Dios y permanecían invariables e inmutables a lo largo del tiempo.

En el Renacimiento, durante el siglo xv, Francis Bacon concibe el método inductivo en 1620, un razonamiento lógico que parte de una premisa particular para establecer una generalidad. Los conocimientos particulares de los fenómenos de la naturaleza, junto con la lógica inductiva, se convierten en una ley general. Por ejemplo, si la hierbabuena y la citronela son plantas y son verdes, entonces todas las plantas son verdes. Esta es la base del razonamiento deductivo en las hipótesis que predicen nuevos hechos o fenómenos.

René Descartes planteó el método experimental. En él se repite el fenómeno a investigar, modificando deliberadamente algunas variables o factores, preferentemente de una en una, para conocer cuál es el efecto que se tiene en el fenómeno que se está estudiando.

En la época Moderna, que abarcó de la segunda mitad del siglo xvii hasta el siglo xviii, y con la complementación de los razonamientos inductivo-deductivo, se tuvo una mejor lógica que, integrada al método experimental, sirvió como una gran herramienta para resolver los problemas y conocer mejor a los fenómenos naturales.

Francisco Redi, con esta eficaz metodología, investigó el origen de los gusanos de

la carne putrefacta. Él dudaba que se originaran espontáneamente. El problema que él planteó fue: “¿qué relación hay entre las moscas (causa) que llegan a la carne y los gusanos (efecto) que después aparecen en ella?”

Con lo anterior, formuló una hipótesis como la siguiente: “si las moscas andan en la carne, luego entonces dejan pequeños huevecillos que se transforman en gusanos y después en moscas”. Para probar la anterior suposición, realizó el siguiente experimento. Colocó trozos de carne en dos grupos de frascos, al grupo experimental lo tapó con una fina malla, para evitar que entraran las moscas, pero que aun así entrara el aire. El grupo de frascos testigo los dejó descubiertos.

Después de una semana, encontró los siguientes resultados. En el grupo de frascos cubiertos (lote experimental) no había gusanos. En cambio, en los que estuvieron destapados (testigo) estaban llenos de estos organismos, que días después se convirtieron en pupas y, posteriormente, en moscas. Con estos datos, Redi concluyó que los gusanos se originaban de huevecillos dejados por las moscas, confirmando su hipótesis.

De esta manera, utilizando razonamientos lógicos y procedimientos de las metodologías científicas, echó por tierra el concepto del sentido común de la generación espontánea que tenía varios siglos de vigencia. De esta forma, se adoptó el concepto científico de la “biogénesis” que dice que “todo ser vivo se origina de otro anterior semejante”.



Las ideas previas del sentido común son difíciles de cambiar y son persistentes”.



Ilustración 1. Experimento de F. Redi que descartó a la generación espontánea. Fuente: elaboración propia.

SON VARIOS LOS EJEMPLOS, EN LA **HISTORIA** DE LA CIENCIA, EN LOS QUE SE PUEDE NOTAR CÓMO SE **DIO EL CAMBIO CONCEPTUAL** A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA.

En la época Contemporánea (siglos XVI-II y XIX), se da la revolución conceptual más importante del pensamiento. Se cambiaron las ideas divinas del creacionismo y el fijismo de las especies por la evolución de estas últimas a través del tiempo.

Fueron C. Darwin y A. Wallace, emplearon sus observaciones e inferencias acerca de la gran diversidad y distribución de especies en diversos ambientes, obtenidas a partir de sus investigaciones y sus viajes alrededor del mundo. Analizaron y razonaron el problema de la variación de las especies y de su adaptación por la selección natural. Reunieron argumentos y evidencias que permitieran sustentar sus análisis y, finalmente, concluyeron que las especies vivientes derivan de otras que vivieron en el pasado, evolucionan por la transformación gradual de las poblaciones en muchas generaciones.

En la época actual, que se inicia en el siglo XX, el desarrollo del pensamiento formal se integra con las metodologías científicas y se apoya por los métodos matemáticos como cálculo, probabilidad y estadística. Además, los programas computacionales contribuyen a lograr el mayor desarrollo científico y tecnológico de todos los tiempos, al permitir ejercitar el pensamiento mediante materiales interactivos o simuladores. Todo esto también apoya a que se dé el cambio conceptual, de las ideas del sentido común a los conceptos significativos de los fenómenos que nos rodean, solucionando varios problemas y aportando nuevos conocimientos:

- W.S. Sutton, con sus investigaciones, promulga la teoría cromosómica de la herencia, con lo que destierra la idea del sentido común de la herencia mezclada en la sangre.
- En 1921, A. Oparin plantea el origen de la vida, por una evolución química a partir de los componentes de la at-

mósfera primitiva que reaccionan con la energía solar, volcánica y eléctrica de los rayos.

- H. S. Muller descubre las mutaciones de los genes y la transmutación artificial del gen.
- J. Watson y F. Crick, proponen el modelo de la estructura del ADN, se obtienen organismos transgénicos. En el año 2000, F. Collins y C. Venter descifran el genoma humano, se inicia la terapia génica y muchos descubrimientos más para el cambio conceptual y el bienestar de la humanidad.

EVOLUCIÓN DEL PENSAMIENTO EN EL HUMANO

Jean Piaget divide el desarrollo cognitivo en cuatro períodos importantes:

- 1a. Etapa, sensoriomotora (1-24 meses). No hay representación interna de los acontecimientos externos, ni se piensa mediante conceptos. Las estructuras psicológicas se desarrollan a partir de los reflejos innatos.
- 2a. Etapa, preoperacional (2-7 años). Se piensa simbólicamente y con imágenes mentales, se imita objetos de conducta y se desarrolla el lenguaje.
- 3a. Etapa, operacional concreta (7-11 años). Los procesos de razonamiento se vuelven lógicos, aplicados a problemas concretos (reales). Aparecen los esquemas lógicos de seriación, ordenamiento mental de conjunto y clasificación de los conceptos de causalidad, espacio, tiempo y velocidad.
- 4a. Etapa, operacional formal (11-20 años). Es la última etapa, en la que el adolescente logra la abstracción sobre conocimientos concretos observados. Esta le permite emplear los

razonamientos lógicos inductivo y deductivo. Estas capacidades se desarrollan gradualmente y le ayudan al joven a entender problemas complejos y abstractos. Con ellas formulan hipótesis, identifican factores causales, reflexionan críticamente, Piaget asumió que esta etapa podría ocurrir en todos los individuos, sin tener en cuenta las experiencias educacionales y ambientales (Piaget, 2007).

Los resultados de investigaciones posteriores, sin embargo, no coinciden con las edades precisas en las etapas de desarrollo. Difieren en que la capacidad de resolver problemas complejos sí está en función del aprendizaje y la educación.

El acceso al pensamiento formal no es universal. Entre un 50 al 60 por ciento de las personas alcanzan este pensamiento, lo que confirma que las habilidades cognitivas no se alcanzan de manera espontánea y generalizada en todos los individuos (Carretero, 1995).

Vygotsky considera que la interacción socio cultural influye como mediador que guía el desarrollo de las capacidades cognitivas. A mayor interacción social, mayor desarrollo y conocimiento y, por lo tanto, son más las posibilidades de actuar, robusteciendo las funciones mentales (Vygotsky, 2009).

El pensamiento formal no se presenta de manera espontánea, sino que existen factores genéticos, culturales, sociales, familiares y de los sistemas educativos (con el ejercicio intelectual y la actividad procedimental que se promueva a partir de estos) que influyen en su consolidación.

El pensamiento formal tiene la función de resolver problemas y razonar mediante operaciones específicas, sin necesidad de la presencia concreta de los hechos para que existan. Esto da la posibilidad de comprender lo real dentro de lo posible, aun cuando

esto sea abstracto o que no sea directamente visible.

Los enfoques del pensamiento formal son:

- **Proporcional.** Cuantificar las relaciones entre dos magnitudes.
- **Probabilístico.** Comprensión del azar y por lo tanto de la causalidad.
- **Correlacional.** Relación entre dos o más factores o propiedades de un fenómeno.
- **Combinatorio.** Construir un conjunto de posibilidades que incluya todas las combinaciones posibles de las variables o factores implicados en la solución de un problema. Se imaginan todas las situaciones y relaciones causales.
- **Control de variables.** Variar un factor del fenómeno y mantener constantes los restantes, para conocer sus relaciones.

IDEAS PREVIAS DEL SENTIDO COMÚN DE LOS ALUMNOS DEL BACHILLERATO EN EL SIGLO XXI

Estas son semejantes a los paradigmas aristotélicos-escolásticos de las épocas precientíficas. A continuación se mencionan algunas ideas previas comunes en los alumnos:

- Los gusanos de los cadáveres y de las frutas maduras se originan por la descomposición de la materia (generación espontánea).
- El pan con agua en ayunas origina lombrices en el estómago (generación espontánea).
- Los humanos tienen un alma que les da vida (vitalismo).
- Los basquetbolistas profesionales son muy altos por jugar mucho y estirar sus cuerpos (lamarquismo).
- La herencia de los padres está mezclada en la sangre. Los hermanos llevan la

EL PENSAMIENTO FORMAL TIENE LA FUNCIÓN DE RESOLVER PROBLEMAS Y RAZONAR MEDIANTE OPERACIONES ESPECÍFICAS.

misma sangre. La sangre del padre corre por las venas de los hijos (herencia mezclada en la sangre).

- En los espermatozoides ya están formados los humanos (preformismo).

Presentan varios errores conceptuales en los fenómenos metabólicos, como los que se enlistan enseguida:

- La digestión es una trituración y absorción de nutrientes en el estómago.
- La fermentación es una descomposición de los sustratos azucarados.
- En la fotosíntesis se combinan el agua y el bióxido de carbono para formar azúcar y oxígeno.
- Las plantas incorporan, a través de las raíces, la mayor cantidad de nutrientes.
- En la respiración hay intercambio de los gases oxígeno y bióxido de carbono.

En estos fenómenos es evidente que no se comprenden los procesos metabólicos de obtención y transformación de materia y energía a nivel bioquímico, por carecer de los conocimientos básicos.

Este paralelismo, que existió y continúa haciéndolo en la forma de pensar en épocas tan distantes, no es una casualidad, sino resultado de idénticas causas. Concretamente es la tendencia a generalizar los hechos acríticamente, con base en observaciones superficiales cotidianas no controladas y razonamientos lógicos simples.

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO FORMAL

Para el mejoramiento del proceso del pensamiento se debe tener como objetivo prioritario que los alumnos realicen aprendizajes significativos por sí solos. Es decir, que sean capaces de *aprender a aprender*, por lo que hay que buscar estrategias cognitivas de planificación y regulación de la propia actividad de aprendizaje.

La inteligencia como capacidad y el pensamiento como proceso pueden ser modificados mediante una intervención direccionada con sistemas de aprendizaje intencionados.

Los programas para desarrollar el pensamiento formal coinciden con la psicología cognitiva en que, para lograr el cometido, deben entrenarse una serie de habilidades cognitivas básicas, como: observar, analizar, sintetizar, inducir, deducir, abstraer, generalizar. Estas habilidades permitirán comparar, identificar, definir, clasificar, describir, explicar, interpretar y predecir.

La educación debe ser centrada en el cognitivismo, enfocada en el constructivismo, donde se privilegie la promoción del desarrollo del pensamiento como una gran herramienta de aprendizaje significativo y se traduzca en el objetivo de *aprender a aprender*.



Fotografía 2. El desarrollo del pensamiento formal hará que los alumnos aprendan a aprender y a someter a prueba sus conocimientos.
Fuente: elaboración propia.

Hay varios programas para el desarrollo del pensamiento formal, entre ellos está el Proyecto de Inteligencia Harvard (P.I.H.). En él, se desarrollan las siguientes habilidades: clasificar patrones, razonar inductiva y deductivamente, y desarrollar y usar modelos conceptuales, para comprender y modificar la conducta adaptativa.

La metodología del programa se basa en la participación de todos los alumnos, en el aprendizaje por exploración y descubrimiento, en cultivar una actitud curiosa e inquisitiva y en reforzar y estimular el pensamiento. Los éxitos deben promover confianza e interés de los alumnos (Londoño, 2011).

El pensamiento formal logra que se adquieran destrezas, especialmente aquellas

ES LA TENDENCIA A **GENERALIZAR LOS HECHOS ACRÍTICAMENTE**, CON BASE EN OBSERVACIONES SUPERFICIALES COTIDIANAS NO CONTROLADAS Y RAZONAMIENTOS LÓGICOS SIMPLES.

relacionadas con procedimientos frecuentes en las ciencias. Los modelos didácticos se deben enfocar hacia lograr cambios conceptuales, que pueden ser a través de las metodologías científicas. Éstas abarcan desde formas de pensar más analíticas, lógicas y críticas; hasta procedimientos empíricos, como la observación, información, investigación o experimentación; que permita resolver problemas o conocer más acerca de los fenómenos naturales.

ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO FORMAL

La estrategia didáctica, que a continuación se describe, es promovida por los autores de este artículo para ser aplicada a los alumnos del CCH. El objetivo es apoyar el desarrollo del pensamiento formal y que este les permita realizar los cambios conceptuales, para que adquieran conocimientos significativos científicos:

1. Conferencia sobre la importancia de las metodologías científicas, para el conocimiento de los fenómenos naturales (como introducción y motivación).
2. Enseñanza de las bases de las metodologías científicas siguiente:
 - a. La observación e información sobre el fenómeno a investigar.
 - b. Problema en forma de pregunta de investigación, sobre la relación de los factores o variables.
 - c. Hipótesis como predicción o respuesta tentativa al problema.
 - d. Proyecto de investigación. Planeación acerca de cómo se controlarán las variables y los procedimientos a seguir.
 - e. Investigación o experimentación. El corrimiento, mantenimiento y toma

de resultados.

- f. Resultados y su comparación, análisis e interpretación, para obtener conclusiones.
 - g. Informe de la investigación.
3. Análisis metodológicos de investigaciones científicas.
Realizar varios análisis metodológicos de investigaciones científicas, principalmente las que dieron las teorías de los temas del programa de los cursos. La finalidad es que los alumnos se ejerciten intelectual y procedimentalmente con las metodologías científicas.
El análisis metodológico consiste en analizar y discutir grupalmente lo siguiente: las observaciones que llevan a cuestionarse cómo ocurre algún fenómeno o los factores que intervienen en él, el problema a resolver, el sentido del razonamiento de la inducción y deducción de la hipótesis, el proyecto de investigación, el control de variables, la investigación o el experimento, analizar e interpretar los resultados y conclusiones, se acepta o rechaza la hipótesis.
 4. Resolución de problemas metodológicos. En ellos, se le plantean situaciones a los alumnos, para que, a partir de la información proporcionada, puedan proponer el problema a resolver, formular una hipótesis, diseñar un experimento que permita comprobar ésta última, y obtener conclusiones a partir de resultados posibles.
 5. Realizar investigaciones sobre los temas del curso.
 6. Investigar en la bibliografía y estudiar la información sobre los temas pertinentes.

7. Realizar en equipo el proyecto de investigación.
8. Ejecutar la investigación o experimentos, registrar los resultados, realizar su análisis y obtener conclusiones a partir de este último.
9. Elaborar el informe de la investigación y presentar los resultados en el aula o en un foro académico (Trejo, S., 2013; Trejo, S. y Trejo, R. 2015).



Fotografía 3. La estrategia didáctica plantea que, al final, los alumnos apliquen lo aprendido en sus propias investigaciones. Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Los alumnos van adquiriendo las destrezas y habilidades del pensamiento formal y las metodologías científicas a partir de la realización de sus propias investigaciones. De esta forma, adquieren aprendizajes significativos por sí solos, están *aprendiendo a aprender*. Realizan varias investigaciones cortas, de una a dos semanas y una anual en los laboratorios Siladin, en las que logran el cambio conceptual de sus ideas previas del sentido común por conceptos científicos significativos.

Estos avances no son generales, inmediatos y homogéneos en los niveles del desarrollo del pensamiento formal, pero se percibe un progreso continuo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Caamaño, A. (1988). “Tendencias actuales en el currículo de ciencias”. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas*, 6 (3), 255.

Carrascosa, J. y Gil, P.D. (1985). “La metodología de la superficialidad y el aprendizaje de las ciencias”. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas*, (3) pp. 113-120.

Carretero, M. (1997). *Desarrollo cognitivo y aprendizaje*. Ciudad de México. Biblioteca Constructivismo y Educación

Gil, P. D. (1986). “La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas”. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas*, 4 (2) pp. 111-172.

Londoño, M. F. (2011). “Programa para el desarrollo del pensamiento formal”. Tesis. Ecuador: Universidad Técnica Particular de la Loja.

Pérez Tamayo, R. (1990). *¿Existe el método científico?* Ciudad de México: SER-Conacyt-FCE-ECN.

Piaget, J. y Fritz, W. (2007). *El nacimiento de la inteligencia en el niño*. España: Crítica.

Trejo, S. (2013). *Biología III La metodología científica como estrategia didáctica*. Ciudad de México: CCH/UNAM.

Trejo, S. y Trejo, R. (2015). “Paquete didáctico Siladin, para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias”. Ciudad de México: CCH/UNAM.

Vygotsky, L. (2009). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. España: Crítica.

LA METODOLOGÍA DEL PROGRAMA SE BASA EN LA **PARTICIPACIÓN DE TODOS LOS ALUMNOS**, EN EL APRENDIZAJE POR EXPLORACIÓN Y DESCUBRIMIENTO.