

APRENDIZAJE Y PROCESOS COGNITIVOS EN CIENCIAS

Sergio Rodolfo Torres Ochoa
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
storres@umich.mx

RESUMEN

La ciencia, de manera general, no solamente aporta conocimiento especializado; también constituye fuente de conocimiento básico socialmente aceptado y que forma parte de la formación escolar en general. Ello deviene en asimilación de información relevante, por parte de individuos y sociedades, que forma parte ya de una cultura global pertinente.

En el ámbito universitario, pero también en otros niveles educativos, se desarrolla por parte de quien esto escribe una línea de investigación referida a la valoración cognitiva de conceptos básicos de ciencias biológicas. Éstos se consideran plataformas para la comprensión científica en términos de construcción de estructuras lógicas que, interrelacionadas, dan cuenta de los fundamentos generales que toda ciencia ofrece para su interpretación.

En la teoría cognitiva, las estructuras lógicas son la base del conocimiento declarativo. Este conocimiento es el eje para que se desarrolle un pensamiento lógico conforme se asimila el conocimiento conceptual propio de la ciencia. Ello incluye a agentes de los sectores sociales a quienes potencialmente va dirigida la información científica. En el caso específico aquí tratado, se aborda la capacidad de reconocimiento de estructuras lógicas en estudiantes que cursan Microbiología (carreras de Medicina, Agrobiología y Biología).

Palabras clave: comunicación; cognición; ciencia; aprendizaje; estructuras lógicas; educación.

LEARNING AND COGNITIVE PROCESSES IN SCIENCE

Abstract

Science, in general, not only provides expertise, is also a source of basic knowledge and socially accepted part of school education in general. This turns into assimilation of relevant information by individuals and societies, which is now part of a global culture relevant.

At university level, but also in other educational levels, is developed by the writer of this line of research regarding the cognitive assessment of basic concepts of biological sciences. These are considered platforms for scientific understanding in terms of building logical structures, interrelated realize the general grounds on which all knowledge has for its interpretation.

In cognitive theory, the logical structures are the basis of declarative knowledge. This knowledge is central to develop logical thinking as they assimilate the conceptual knowledge of science itself. It includes agents of the social sectors whom potentially the scientific information is directed. In the specific case treated here, deals with the ability to recognize logical structures students in Microbiology (Medicine, Agrobiology and Biology careers).

Keywords: communication; cognition; science; learning; logical structures; education.

1. INTRODUCCIÓN

El aprendizaje es un proceso complejo que puede significar distintas actividades y en diferentes niveles por parte del sujeto que aprende. Así como se habla de inteligencias múltiples, es pertinente hablar de aprendizajes múltiples, y esas varias formas de aprender implican también múltiples mecanismos de abordarlos, de intentos de hacerlos efectivos. Cuando nos referimos a la memoria ¿hablamos de un componente del aprendizaje o ambos términos refieren a lo mismo? Por ejemplo, hay evidencias experimentales neurofisiológicas de que el hipocampo procesa generalizaciones de la memoria que resultan en representaciones integradas, lo que significa el guardar en la memoria la relación entre dos eventos que no fueron experimentados juntos (Shohamy & Wagner, 2008: 379; Heckers *et al*, 2004). Aprendizaje y memoria precisan de registro de información percibida y evocación de los mismos para interpretarlos y así construir interpretaciones (Gumá, 2001: 195-197). Se reconoce, sin embargo, que la principal importancia de la memoria es su capacidad de registro, codificación y recuperación de grandes cantidades de información (Ballesteros, 1999: 706), y es aquí donde interviene el aprendizaje. En función de ello se señala que entre unos de los principales escollos a investigar están las dificultades en la definición de la relación entre cognición y componentes del conocimiento, así como la relación con conceptos como aprendizaje y desarrollo (Organista, 2005: 88). Aun sin tener clara la delimitación entre memoria y aprendizaje, socialmente se induce a que la enseñanza se constituya en canal comunicativo para que diferentes sujetos alcancen aprendizajes semejantes y que se evoque a su memoria para constatarlos.

Con creciente importancia se le está adjudicando a la escuela el papel de promover el conocimiento científico para que, de manera general, el aprendizaje adquiera un sentido de comprensión del entorno, tal y como lo percibe el sujeto científico que genera su propio conocimiento. Conocimiento fundado en el rigor que da la sistematicidad y las relaciones lógicas con que construyen los científicos su discurso. Sin pretensión de que cada persona sea un científico, la pertinencia de la información científica eleva la calidad de las interpretaciones y representaciones que asimila la memoria y la propia capacidad de aprendizaje de esas personas. Pero no sólo eso; la correlación entre la estructura lógica del discurso científico y la organización de la información en el cerebro es una real posibilidad de desarrollar la propia capacidad de aprendizaje. Es decir, un proceso de enseñanza fundado en la sistematicidad de la ciencia está en coincidencia con los procesos de generalización neurofisiológica del conocimiento que integran la memoria y el aprendizaje, esto es,

cómo diferentes estructuras cerebrales participan integralmente (Alcaraz, 2001: 173-192).

Incorporar estos argumentos en procesos formativos formales o informales, según quien esto escribe, adquiere viabilidad si se construye un modelo consistente que base la concreción de la intervención docente en la ubicación de conceptos fundamentales de una ciencia en particular. Esto es, el carácter epistemológico para cada ciencia impone un tratamiento diferenciador el modelo. Aquí, quien enseña, identifica conceptos fundamentales para esa ciencia y discrimina aquellos que un grupo social determinado es capaz de expresar en función de un conocimiento previo, de aquellos conceptos que requieren de la intervención docente. Estos dos conjuntos de conceptos devienen en andamiaje básico de comprensión de la ciencia en cuestión. Los sujetos de ese grupo social no serán científicos en ese campo, pero estarán en la capacidad crítica de asimilación lógica de la organización de la información pertinente para dicho campo. Así tendremos sujetos que no solamente aprenden ciencia sino que aprenden a aprender en términos de construcción de representaciones formales (lógicas) de campos fundamentales de la ciencia y, al mismo tiempo, de conceptos fundamentales de esos campos. Se trata de articulaciones cognoscitivas que modifican la forma en que es percibido el entorno (dado que el conocimiento previo, a su vez, ha sido modificado) y sus interpretaciones son doblemente consistentes: con el mundo externo y con las necesarias relaciones de organización lógica de la información en la consolidación de la memoria y el aprendizaje. Esto encuentra fundamentos teóricos en lo que se conoce como modelos de cambio conceptual en la instrucción (Pozo, 2002: 241-254).

2. METODOLOGÍA

El modelo que aquí se presenta es un mecanismo indagatorio sistemático específico para evaluar la asimilación de conocimiento de la ciencia microbiológica en el nivel superior. El modelo ha sido aplicado en otros campos de la ciencia y niveles educativos (Torres, 2008, 2011). De la valoración cognitiva de conceptos fundamentales de Microbiología es factible desprender esquemas innovadores que ataquen los problemas epistemológicos propios de la ciencia microbiológica, potencialmente susceptibles de fortalecimiento, con base en los criterios observados en que los estudiantes asimilan y retienen información previa relacionada con esta ciencia. Objetivo: evaluar la asimilación de conceptos de Microbiología como fundamento de conocimiento previo para la implantación de un modelo constructivista de intervención docente en desarrollo de competencias a nivel superior.

El instrumento de evaluación cognitiva sobre Microbiología de sondeo previo (carrera de Biología) fue revisado y relaborado para su aplicación en áreas de las ciencias naturales. Se hizo prueba piloto con un grupo alumnos de la carrera de Biología.

El instrumento se elabora con reactivos cuyas proposiciones están relacionadas con respuestas de doble exclusión: la pregunta en cada reactivo es una proposición que se completa, bajo estructura de organización lógica, en una sola de dos respuestas (excluyentes). Si el estudiante señala la que reúne la estructura lógica se le adjudica a ese reactivo un valor de 1 punto. Si señala la estructura carente de organización lógica se le asigna el valor de -0.5 (para reducir el sesgo de respuesta por azar). Si no recuerda señala la opción que así lo indica y se le asigna un valor 0 (cero). De esa forma, cada reactivo, por estudiante, transita en el rango $-0.5 - 1$. A partir de esos criterios se determinó en este estudio que el promedio, por reactivo, que muestra elevada evidencia cognitiva es mayor o igual a 0.75 puntos, y la moda observada, por reactivo también, es un indicador de la mayor frecuencia de uno de los tres valores de registro: 1 (uno), 0 (cero) o -0.5 (-punto 5).

La estimación cuantitativa se realizó en términos estadísticos utilizando la prueba de distribución de *t* de Student, aplicable al promedio del conjunto de estudiantes de la muestra total y por grupo. Esto se hizo para cada uno de los dos niveles cognitivos.

El análisis de los resultados (media de valoración cognitiva para cada reactivo, del conjunto de la muestra de estudiantes) se utilizó para valorar el grado de significancia estadística entre pre-prueba y post-prueba, como un indicador equiparable a cambio cognitivo en términos de reconocimiento de estructuras lógicas discursivas, a manera de proposiciones, y como consecuencia de intervención docente.

La muestra de alumnos se obtuvo tomando cuatro grupos al azar (de un total de 9), lo cual dio un conjunto de 75 alumnos en total, que consistió en el número de alumnos que estuvieron presentes tanto durante la aplicación de la pre-prueba como de la post-prueba.

Al realizarse la prueba piloto del instrumento diseñado, que consistía de 44 reactivos, hubieron de eliminarse cuatro de ellos ya que mostraron sesgos por su deficiente redacción, por lo que el instrumento contó con 40. Al concluir la aplicación en los dos momentos (pre-prueba y post-prueba) se aplicó la prueba alfa de Cronbach para validar el conjunto de reactivos y fue necesario eliminar 24 de ellos en que se logró ajustar a 0.80, valor crítico para la validación alfa de Cronbach. Esto es, quedaron 16 reactivos que validan el instrumento y fueron los utilizados para la valoración de modificación cognitiva significativa.

3. RESULTADOS

Los resultados analizados muestran que, de manera general, los estudiantes mostraron evidencias de nociones previas en algunos de los conceptos donde hubo reconocimiento lógico de estructuras proposicionales. Por ejemplo, los dos reactivos del instrumento aplicado que mostraron esas evidencias son:

<p>18.- De la <i>Escherichia coli</i> podemos decir que:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) No puede desarrollarse intracelularmente 2) No sabe la respuesta 3) No se puede cultivar 	<p>23.- No es esencial en la viabilidad bacteriana y en algunas especies hay cepas que la producen y otras no. <i>In vitro</i> su síntesis a menudo se pierde:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Pared celular 2) No sabe la respuesta 3) Cápsula
--	--

Cuadro 1: Reactivos que evidenciaron cambio cognitivo: pre-prueba inferior a 0.75 y post-prueba superior a 0.75 y, además, con diferencia estadísticamente significativa.

Se analizaron los dos reactivos con prueba de distribución para valorar estadísticamente la diferencia significativa, independientemente, en cada uno de ellos y para las cuatro secciones de estudiantes. El objeto fue valorar si las diferencias detectadas en el paquete completo se corresponden con las distinciones específicas por reactivo, o bien, si alguna(s) secciones sesgaron la prueba de distribución global.

Con el reactivo 18, en el análisis se rechazó la hipótesis nula. De acuerdo a los valores de la pre-prueba y de la post-prueba hay una diferencia estadísticamente significativa.

Reactivo 23; el análisis muestra que la hipótesis nula se rechaza: hay diferencia estadísticamente significativa en las cuatro secciones.

El análisis entonces confirma cambio en reconocimiento de estructuras lógicas en los reactivos 18 y 23.

En otros casos, la concreción de reconocimiento de estructuras lógicas de conceptos básicos no requirió de la intervención docente. Cuando se aplicó el instrumento con carácter de pre-prueba 3 reactivos (conceptos) evidenciaron un alto grado (superior al valor crítico aceptado de 0.75), en promedio, de reconocimiento de estructuras lógicas en el conjunto de la muestra, lo cual es indicativo de información previamente codificada por parte de los estudiantes. Ello tiene un

significado de importancia a la hora de la intervención docente pues se trata de contenidos que exigirán poco o nula intervención dirigida. Se trata de conocimiento previo que trasciende el simple sentido común (preconociones):

<p>4.- En relación con la ecología de los microorganismos en el agua:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Es fácil en los sistemas acuáticos naturales encontrar agua estéril 2) No sabe la respuesta 3) Todas las aguas sean superficiales o subterráneas, dulces o saladas, frías o hipertermales, contienen o pueden contener microorganismos 	<p>6.- En relación con la contaminación de las aguas:</p> <p>Las escasez de nutrientes en las aguas residuales urbanas impide la proliferación, en las aguas fecales, de la mayoría de las especies bacterianas, de hongos y protozoos</p> <p>No sabe la respuesta</p> <p>En la actualidad la más importante fuente de contaminación es la provocada por el hombre. De los diversos focos de contaminación antropogénica, el más importante es el de las aguas residuales urbanas</p>	<p>17.- En la reproducción asexual de bacterias:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Un solo individuo puede originar muchos descendientes iguales 2) No sabe la respuesta 3) Los individuos presentan caracteres de los dos progenitores
---	---	--

Cuadro 2: Conceptos de conocimiento previo.

11 reactivos de entre el total, de manera individual, se mostraron refractarios a evidenciar cambio cognitivo en el promedio del conjunto de la muestra. Esto es, la intervención docente no se mostró suficientemente eficaz para inducir cambio cognitivo en ellos. Su significancia teórica estriba en que es hacia allí adonde apunta el requerimiento de esfuerzo adicional para la modificación programática y de capacidad de comunicación (en este caso por parte de los docentes involucrados): reajuste en los contenidos y de metodología de intervención docente, particularizados ambos hacia los conceptos específicos a que hacen referencia estos 11 reactivos analizados individualmente.

4. DISCUSIÓN

El anterior ejercicio de investigación puede ser extrapolado a diversos grupos sociales en donde puedan discriminarse sistemáticamente nociones precientíficas (prenociones) y delimitar la potencialidad de desarrollar procesos, sistemáticos también, de alfabetización científica. Es decir, grupos sociales que no necesariamente se forman en las aulas y que su conocimiento científico proviene de fuentes no necesariamente con fundamento y rigor propios de la ciencia (incluyendo comunidades científicas manejando información científica –prenociones- de campos ajenos).

Los medios de comunicación de masas se están encargando de inundar de información indiscriminada a las sociedades, donde la de carácter científico se ve desbordada y confundida con esa masa asistemática de nociones en las que las de sentido común adquieren preponderancia, en el mejor de los casos por razones de orden comercial y, en el peor, por sojuzgamiento político. Ante ese panorama es factible la coordinación, entre quienes sistematizan modelos de asimilación de conocimiento científico (como el ejemplificado arriba) bajo consideraciones de estructuras lógicas y epistemológicas, y comunicadores de la ciencia profesionales.

Es sustancialmente posible delimitar el conocimiento de un campo de la ciencia que maneja un determinado grupo social y, al mismo tiempo, especificar aquel de carácter básico (conceptual y categorial) que le es fundamental para su sobrevivencia, con carácter de grupo. Ello ante el desenvolvimiento de los medios de información que abruman ininterrumpidamente a todos los sectores sociales con información sin distinciones entre la de carácter científico con aquella propia del sentido común. No puede perderse de vista que esto último no es casual, pues obedece fundamentalmente a los intereses de quienes detentan el poder de distribución de esa información y no a los de los sectores amplios de la sociedad. Éstos devienen así en receptores de información inducida a favorecer a aquellos otros intereses. Ello en detrimento de que la sociedad sea un conjunto de individuos transformadores críticos del conocimiento, con fundamentos argumentales de orden lógico y epistemológico. Las llamadas representaciones sociales son hoy un campo debatido entre la ignorancia dirigida premeditadamente por grupos que detentan el poder, y por ende los medios de comunicación, y los generadores y promotores del conocimiento científico: los responsables, profesional y socialmente, de la alfabetización científica. Qué mejor que ésta pueda ser abordada de manera sistemática y con argumentos fundamentados, igualmente, en la ciencia.

Es necesario recalcar que la aplicación del modelo a diferentes grupos sociales requerirá la especificidad del instrumento de evaluación; cada campo científico delimitará el tipo de reactivos que den cuenta de teoría básica en función de conceptos. Sus resultados serán pauta educativa para intervenir con procesos formativos que apuntalen aquellos conceptos fundamentales detectados como refractarios. El factor cultural incidirá en los conceptos que se muestren, luego de la evaluación, como conocimiento previo (científico) y que precisará el nivel de comprensión del campo científico en cuestión.

5. REFERENCIAS

1. Alcaraz R., V. M. (2001). Mecanismos cerebrales del aprendizaje simple y complejo (pp. 143-194), en Alcaraz R., V. M. y E. Gumá D., *Texto de neurociencias cognitivas*. México: Manual Moderno.
2. Ballesteros, S. (1999). Memoria humana: investigación y teoría. *Psichotema*, 11 (4), 705-723.
3. Gumá D., E. (2001). La memoria humana (pp. 195-234), en Alcaraz R., V. M. y E. Gumá D., *Texto de neurociencias cognitivas*. México: Manual Moderno.
4. Heckers S., M. Zalesak, A. P. Weiss, T. Ditman & D. Titone (2004). Hippocampal activation during transitive inference in humans. *Hippocampus*, 14, 153-162.
5. Organista D., P. (2005). Conciencia y metacognición. *Avances en Psicología Latinoamericana*, 23, 77-89.
6. Pozo, J. I. (2002). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
7. Shohamy D. & A. D. Wagner (2008). Integrating memories in the human brain: hippocampal-midbrain encoding of overlapping events, *Neuron*, 60, 378-389.
8. Torres, S. R. (2008). Evaluación de cambios cognitivos de conceptos de ecología, en estudiantes de nivel secundaria en México. *Revista electrónica de investigación educativa*, 10 (2). Consultado el 18 de octubre de 2009 en: <http://redie.uabc.mx/vol10no2/contenido-torresochoa.html>
9. Torres, S. y L. Cuevas N. (2011). Evaluación de adquisición de conocimientos de conceptos de ecología en estudiantes de bachillerato tecnológico en México. *Revista Iberoamericana de Educación Superior (RIES)*, México, IISUE-UNAM/UNIVERSIA, 2(3), 130-151, <http://ries.universia.net/index.php/ries/article/view/80> [consulta: 01 de febrero de 2011].