

OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS EN LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE CÉLULA¹

EPISTEMOLOGICAL OBSTACLES IN TEACHING CELL CONCEPT

Recibido: febrero 25 de 2012 /Revisado: mayo 31 de 2012 /Aceptado: julio 12 de 2012

Por: Luz Mery Santamaría Cortes², Luz Dary Llanos Tobar³, María Elva Cortes Marín⁴, Gloria Amparo Martínez Blandón⁵, María Nubia Urrea Aguirre⁶, Consuelo Betancourt Sepúlveda⁷, Hernando Galindo Castaño⁸, Diego Fernando del Río Trujillo⁹.

RESUMEN

El presente artículo tiene como propósito reportar los resultados de una investigación que indagó los obstáculos epistemológicos para aprender el concepto de célula en estudiantes de noveno grado de la Escuela Normal Superior Nuestra Señora de la Candelaria de Marquetalia Caldas.

El enfoque empleado fue el cualitativo y la unidad de análisis se constituyó con diez participantes del grado noveno, seleccionados aleatoriamente. Las técnicas fueron en primera instancia, la entrevista semiestructurada, de pregunta abierta, que no pretendía indagar de manera declarativa los saberes sobre la célula que los estudiantes han logrado internalizar por la intervención de la escuela, sino identificar aquellas ideas personales e idiosincráticas construidas a partir de la experiencia personal y social. Seguidamente, se llevó a cabo una entrevista colectiva o grupo focal, con el fin de escuchar a los participantes de una forma libre y espontánea.

Los resultados refieren que los obstáculos más marcados, según los datos, son el verbal y el conocimiento general. Le siguen en importancia y en iguales proporciones, el pragmático y el sustancialista. Además, se encuentra que muchas de las ideas previas no son ideas obstáculo y se pueden considerar como aprendizajes aproximados al conocimiento científico. Cabe decir, que el propósito más importante posterior al estudio, es lograr una enseñanza más programada y más dirigida a sortear dichos obstáculos a través de la construcción y aplicación de unidades didácticas. Esto queda como proceso a seguir para el grupo investigador.

Palabras clave: célula, enseñanza de las ciencias, ideas previas, obstáculos epistemológicos.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to report the results of a study that investigated the epistemological obstacles to learn the concept of cell freshmen Superior Normal School Nuestra Señora de la Candelaria Marquetalia Caldas.

The approach used was qualitative and the unit of analysis was established with ten participants in the ninth grade, selected randomly. The techniques were in the first instance, a midstructured interview and open question, not intended to test knowledge declaratively on the cell that students have achieved internalize by school intervention, but identify those personal and idiosyncratic ideas constructed from personal and social experience. Next, It took place a group interview or focus group, in order to listen to the participants in a free and spontaneous way.

The results relate the more marked obstacles, according to the data, are the verbal and general knowledge. Next in importance and in equal proportions, the pragmatic and substantialist ones. Furthermore, we find that many of the previous ideas are not obstacle ideas and can be considered as approximate learning scientific knowledge. It means that the most important purpose after the study, is to make teaching more and more directed programmed to overcome these obstacles through the construction and implementation of lesson plans. This is as process for the research group.

Keywords: cell, science education, previous ideas, epistemological obstacles.

1 Artículo que se deriva del proyecto de investigación obstáculos epistemológicos en la enseñanza del concepto de célula, avalado y financiado por la Escuela Normal Superior Nuestra Señora de la Candelaria de Marquetalia Caldas.

2 Luz Mery Santamaría Cortés: Licenciada en Ciencias Sociales, Especialista en Pedagogía para la Docencia Universitaria y Magíster en Educación y Desarrollo Humano. Coordinadora de Investigación de la Escuela Normal. Correo electrónico: luz300674@yahoo.es

3 Luz Dary Llanos Tobar: Licenciada en Pedagogía Reeducativa, Especialista en Educación Sexual, Magíster en Educación y Desarrollo Humano. Correo electrónico: ludallato@yahoo.es.

4 María Elva Cortes Marín: Licenciada en Básica Primaria, Especialista en Educación Sexual, Especialista en Informática para la Docencia, Especialista en Informática y Telemática. Correo electrónico: elvacortes@gmail.com.

5 Gloria Amparo Martínez Blandón: Licenciada en Pedagogía Reeducativa y Especialista en Educación personalizada. Correo electrónico: gloriaamparomb@gmail.com

6 María Nubia Urrea Aguirre: Licenciada en Pedagogía Reeducativa y Especialista en Informática y Telemática. Correo electrónico: mariaui@hotmail.com

7 Consuelo Betancourt Sepúlveda: Licenciada en Pedagogía Reeducativa y Especialista en Informática y Telemática y en Informática para la Docencia. Correo electrónico: cbs549@hotmail.com

8 Hernando Galindo Castaño: Ingeniero Industrial y Especialista en Sistemas de Gestión de Calidad. Correo electrónico: hernandogalindo3@yahoo.es

9 Diego Fernando del Río Trujillo: Ingeniero Electricista y actualmente adelanta estudios de Maestría en Ingeniería. Correo electrónico: diefdt@gmail.com



INTRODUCCIÓN

La investigación se orientó a dar respuesta a la pregunta: ¿Qué tipos de obstáculos epistemológicos presentan los estudiantes del grado noveno sobre el concepto de célula? Dicha pregunta se genera a partir de una situación específica de la enseñanza, con el propósito de suscitar algunas reflexiones alrededor de la didáctica y permitir mejores aprendizajes y un acercamiento al conocimiento científico y a los instrumentos de conocimiento, con los cuales se lee y se interpreta el mundo.

Los objetivos específicos del estudio fueron los siguientes: reconocer las diferentes ideas previas que tienen los estudiantes frente al concepto de célula e identificar dentro de ellas los tipos de obstáculos epistemológicos. Además, se pretende elaborar unidades didácticas, posteriores al estudio, que permitan la evolución conceptual.

La noción de obstáculo es tomada de Bachelard quien lo define como:

Las limitaciones o impedimentos que afectan la capacidad de los individuos para construir el conocimiento real o empírico. El individuo entonces se confunde por el efecto que ejercen sobre él algunos factores, lo que hace que los conocimientos científicos no se adquieran de una manera correcta, lo que obviamente afecta su aprendizaje (citado en Mora, 2002, p. 2).

Bachelard señala cinco obstáculos principales, que son: los conocimientos previos, el obstáculo verbal, el peligro de la explicación por la utilidad, el conocimiento general y el obstáculo animista. Los conocimientos previos en palabras de Bachelard son el primer obstáculo, pues esto "carga de subjetividad las observaciones y se pueden tener concepciones erróneas" (citado en Mora, 2002, p. 2). El obstáculo verbal, según Bachelard (1975), se produce entre otras cosas, por la "presentación pintoresca, viva y bastante llamativa de imágenes. Todo ello, según el autor, junto con las analogías, los ejemplos y las metáforas son centros de falso interés que conducen a malograr el verdadero espíritu científico" (p. 97). El peligro de la explicación por la utilidad u obstáculo pragmático, lo relaciona el autor con las explicaciones que se dan a los fenómenos de modo tangencial, cuando se "pretende explicar o definir un concepto solamente mediante la idea de utilidad o beneficio" (Bachelard, 1975). Así mismo, el obstáculo general se da cuando "el espíritu pre-científico desdeña el detalle, lo específico y lo particular" Bachelard (1975, p. 66). Finalmente, el obstáculo animista se presenta cuando los "fenómenos biológicos son los que sirven de medios de explicación de fenómenos físicos. Esta característica de valorizar el carácter biológico en la descripción de hechos, fenómenos u objetos, representa claramente el carácter del obstáculo animista" (Bachelard, citado en Mora, 2002, p. 7).



Como ya se ha dicho, este tipo de investigación tiene gran relevancia ya que a pesar de agotar diversas estrategias metodológicas y didácticas en los procesos de enseñanza y aprendizaje, a lo largo de la educación básica y media vocacional, se aprecia poca apropiación de los instrumentos de conocimiento por parte de los estudiantes. De manera primordial, permite al docente conocer los obstáculos epistemológicos para aprender el concepto de célula, así como las implicaciones de estas representaciones al momento de aprender ciencias.

En esta perspectiva, muchos autores como Rodríguez y Moreira (2002) han trabajado en torno a la dureza de las representaciones desde la teoría de los modelos mentales de Johnson Laird, quien los define como:

Análogos estructurales del mundo que la gente genera para comprenderlo, de lo que se deriva que la conceptualización científica requiere la construcción de modelos mentales; estos modelos tienen poder predictivo y explicativo y por eso es por lo que dotan al individuo de comprensión, caracterizándose por su funcionalidad (Citado en Rodríguez & Moreira, 2002, p. 80).

A su vez, Pozo y Gómez señalan:

Uno de los principales escollos en los procesos de enseñanza / aprendizaje, sino el que más y de todos conocido, es la comprensión científica en sí misma, el conocimiento que el alumno aporta es muchas veces difícil de modificar y extremadamente resistente" (Citados en Rodríguez & Moreira, 2002, p. 77).

Por todo lo anterior, conocer las representaciones que los estudiantes poseen frente al concepto de célula es importante, más si se tiene en cuenta que este se constituye como fundamento en el aprendizaje y enseñanza de la estructura conceptual biológica para describir y explicar el funcionamiento de los seres vivos. "La célula es un concepto clave en la conceptualización del conocimiento biológico, es una entidad que determina la estructura y funcionamiento de todo el mundo vivo" (Rodríguez & Moreira, 1999, p. 121).

De este modo, los resultados del estudio ofrecerán criterios suficientes al maestro para vincular a su práctica, elementos significativos que favorezcan el acceso de los estudiantes al mundo de la ciencia a través de la elaboración de unidades didácticas¹⁰; le ayudará además, a reflexionar sobre algunas variables de la didáctica desde su objeto de estudio (la enseñanza y el aprendizaje) como son: las representaciones mentales, el componente afectivo-emotivo, las relaciones ciencia, tecnología y sociedad, la historia y epistemología de las disciplinas así como la metacognición.

Se pretende además con este artículo presentar los diferentes obstáculos epistemológicos encontrados durante la investigación, partiendo, como ya se ha dicho, de los estudios de Bachelard (1975), quien señala que "el primer obstáculo epistemológico es la experiencia básica, es la experiencia colocada por delante y por encima de la crítica, que, ésta sí, es necesariamente un elemento integrante del espíritu científico" (p. 27). La obra de Alicia de Camilloni (1997) igualmente dilucidó muchas oscuridades sobre todo en el plano del tratamiento didáctico y pedagógico de los obstáculos. También, Pozo y Gómez (2006) con sus aportaciones sobre las ideas previas, definiéndolas como:

Construcciones personales, relativamente incoherentes, resistentes al cambio, de carácter implícito, compartidas en diferentes culturas y contextos y con un cierto paralelismo con concepciones abandonadas en la historia de las disciplinas. El origen de las ideas previas puede ser sensorial, cultural y escolar (p. 85).

Significativas también fueron las aportaciones de Astolfi (1999) quien define los obstáculos como "el punto nodal de las concepciones" (p. 157). Además, el autor explicita las siguientes seis características que ayudan a comprender su naturaleza:

1. Su positividad: el obstáculo es un tejido de errores arraigado y positivo, no puede considerarse ignorancia. En el caso del presente estudio una concepción como "la célula es un círculo con

¹⁰ La elaboración de unidades didácticas no constituye propósito de este estudio, pero será una tarea posterior para el grupo investigador a partir de los resultados.



muchas partes”, el estudiante la asume como algo real, pues así lo ha visto en las imágenes, incluso en los libros de texto, en los cuales a propósito, se ha creído con fe ciega.

2. Su facilidad: el obstáculo es una facilidad que se concede la mente para seguir razonando de manera sencilla. Podríamos decir que significa economía mental.

3. Su interioridad: el obstáculo no es algo externo que hay que superar, este está dentro, en el pensamiento mismo.

4. Su ambigüedad: el obstáculo es una herramienta necesaria y a la vez una fuente potencial de errores.

5. Su polimorfismo: el obstáculo se extiende más allá de lo racional y cobija aspectos afectivos y míticos, de ahí la dificultad para erradicarlo; por ejemplo, “la célula se relaciona con microorganismos que ayudan al crecimiento” es una concepción que contiene elementos fantasmáticos aprendidos del contexto y la cultura.

6. Su recursividad: el obstáculo se presenta como es, solo si lo reflexionamos retrospectivamente, lo cual nos permite tomar conciencia de nuestras equivocaciones. He aquí, nuevamente la importancia de la metacognición, al punto de afirmarse que sin su presencia es imposible lograr aprendizajes en profundidad.

Como es bien sabido, la riqueza del estudio radica en la naturaleza del obstáculo, ya que este es de carácter general y transversal. En este caso, los obstáculos hallados no podrían constreñirse solo al concepto de célula, sino que estos pueden extrapolarse a un conjunto amplio de conceptos del campo de lo biológico por lo menos. Esto se afirma, apoyados en los trabajos de autores como Astolfi (1999), quien habla del “obstáculo como el punto nodal de las concepciones” (p. 157).

Situando la mirada en los planteamientos de Astolfi, se suscita una respuesta a la pregunta cotidiana ¿Por qué nuestros estudiantes no aprenden

realmente, como quisiéramos? En verdad, el aprendizaje es un asunto complejo, lento y gradual, el cual requiere la intervención de muchas variables, una de ellas, insalvable, son las representaciones.

Ahora, si nos situáramos en el contexto específico de la investigación, se trata que el maestro explore las ideas previas antes de la enseñanza y dentro de ellas los obstáculos o los modos de pensar que las generan y que en cierta manera estancan o detienen la comprensión del conocimiento científico, para lograr mediante un ejercicio mutuamente (estudiante-maestro) metacognitivo, avanzar hacia la conquista del espíritu científico en términos de Bachelard.

Con respecto a algunos estudios que han explorado lo que los estudiantes saben sobre la célula, trabajos de Mengascini (2006) demuestran que:

En contextos escolares, el estudio de la célula se enfoca casi exclusivamente en relación con el cuerpo humano, como una derivación de estudios anatómicos. Este enfoque resulta apropiado si se tiene en cuenta que el propio cuerpo resulta a los niños más conocido que el de diferentes organismos. Sin embargo, puede derivar en una visión antropocéntrica que hace difícil imaginar a la célula como unidad estructural de todos los seres vivos (p. 486).

Ahora bien, volviendo la vista sobre el tema de la metacognición, se considera que una escasa autocrítica y autorreflexión sobre el proceso de aprendizaje seguido por cada sujeto, en otras palabras, una escasa metacognición, puede ser una causa importante para explicar por qué nuestros estudiantes a pesar de su permanencia en la escuela no logran desplazar sus ideas alternativas para apropiarse en consecuencia del conocimiento científico.

Todo esto se ratifica con Flavell (citado en Tamayo, 2001), quien concluye: “un estudiante que conozca en forma adecuada sus procesos cognitivos puede “hablar” o “reflexionar” sobre sus procesos de pensamiento propios y/o de los demás” (p. 50). De acuerdo con este autor, “la metacognición ha sido definida como la habilidad para monitorear, evaluar y planificar nuestro pro-



pio aprendizaje" (p.50). Se podría inferir entonces que un estudiante que participa de un proceso de enseñanza y aprendizaje donde la metacognición no se ubica como algo fundamental, sería incapaz de identificar cómo aprende, hasta qué punto lo que sabe es insuficiente y, por ende, sería incapaz de controlar sus propios procesos cognitivos reconociendo la necesidad de tareas como preguntar, cuestionar, indagar e, incluso, hacer regresiones para profundizar, ampliar o aclarar lo aprendido.

En este caso, sería imprescindible que los estudiantes tomaran conciencia de sus propios obstáculos, mediante la acción intencionada del enseñante. El inicio transformador del conocimiento empírico en un conocimiento científico, lleva a que el estudiante sea inquieto, que pregunte, que tenga en cuenta los detalles generales y específicos y que relacione sus conceptos teóricos con la realidad del entorno en que se desenvuelve. En este caso, Peterfalvi (citada en Camilloni, 1997) asegura que "una modalidad de trabajo asentada en la toma de conciencia y una conceptualización capaz de intervenir en la regulación de procesos ulteriores es una vía para acercarse al concepto" (p. 129). Como también dice Fabre (citado en Camilloni, 1997), "para llegar a tener plena conciencia del rigor, es necesario adquirir una conciencia de lo no riguroso" (p. 129).

Como se ha visto, la identificación del obstáculo no ha sido un tema que preocupe al enseñante y menos al estudiante, pues se parte de una idea simplista del aprendizaje. Se supone que es suficiente con seleccionar las enseñanzas, planear su comunicación en el aula y posteriormente evaluar. El tema de las representaciones ha sido desconocido en las prácticas pedagógicas muy a pesar de la suficiente producción científica de los últimos tiempos; por ejemplo, no ha sido objeto de reflexión la resistencia de las ideas previas y los obstáculos, y el maestro en ocasiones no percibe con claridad que a pesar de sus esfuerzos por lograr ser eficaz en su enseñanza, después de mucho tiempo, sus estudiantes recurren a las ideas que traían al ingresar a la escuela para dar explicación de los fenómenos circundantes.

Volviendo sobre la importancia de la identificación del obstáculo por parte de los alumnos, Peterfalvi (citada en Camilloni, 1997), invita a agotar varios momentos para ello. El primero tiene que ver con una dimensión reflexiva fuertemente relacionada con la actividad metacognitiva de reconocimiento del obstáculo por el mismo sujeto; el segundo permite establecer un vínculo entre el carácter local del obstáculo (el cual tiene que ver con el objeto de pensamiento) y lo transversal que corresponde al modo de pensamiento. Aclarando, el obstáculo es lo que subyace a la idea previa, es lo que la explica y a la vez lo que la genera. Continúa Peterfalvi, explicando que el tercer momento consiste en la identificación de la dinámica de funcionamiento de la idea que constituye el obstáculo para empezar a comprender su persistencia. Un cuarto momento es llamado: "en el límite de la identificación del obstáculo" que consiste en evocar el obstáculo de manera indirecta con afirmaciones conceptuales positivas. Se reitera entonces que aprender y enseñar verdaderos conceptos o instrumentos de conocimiento es una tarea ardua y muy demandante. En palabras de Pozo y Gómez (2006):

Pero una cosa es tener un dato, conocer algo como un hecho y otra darle sentido o significado. Comprender un dato requiere utilizar conceptos, es decir, relacionar esos datos dentro de una red de significados que explique por qué se producen y qué consecuencias tienen (p. 86).

Para autores como Galperin (citado en Tama-yo, 2001), "el punto final en la adquisición de los conceptos no está constituido por su asimilación en el plano de lo abstracto, es su aplicación en el plano de lo concreto, en la resolución de tareas, el aspecto determinante en la comprensión final del concepto" (p. 25).

De esta manera, lo que sucede casi siempre en la escuela es que los estudiantes y en casos más desafortunados, el enseñante mismo, comprenden solo lo meramente superficial de los conceptos, quedando atados al sentido común, a lo que es aprendido a través de la experiencia. En palabras de De Zubiría, Brito, Coral, Molina, Otalora, et al. (2002):



Este es un tipo de conocimiento inmediato, sin sentido de lo relativo, seguro de sí mismo y que no conoce dificultades ni obstáculos; un conocimiento espontáneo de experiencias familiares, irreflexivo, en el que no hay dudas ni interrogantes, ni oposición entre sujeto y objeto (p. 55).

Finalmente, los resultados de la investigación tienen unas serias implicaciones en el campo didáctico en torno a la imperiosa necesidad de desarrollar la experticia necesaria en la identificación de los obstáculos en el aula y lo más importante para el sorteamiento de los mismos; para ello, las unidades didácticas de aprendizaje se convierten en herramientas potentes para este propósito. Las unidades didácticas hacen explícitos temas secuenciales cuya finalidad es alcanzar la formación integral de los estudiantes, y dentro de ello, las capacidades generales que puedan ponerse de manifiesto en situaciones concretas. Los siguientes son algunos de los elementos que pueden contener: objetivos, contenidos de aprendizaje, secuencia de actividades, organización de tiempos y la evaluación. Además, y en consonancia con el tema de los obstáculos, deben introducir procesos didácticos que conduzcan al franqueamiento o superación del obstáculo y así poder lograr una enseñanza más eficaz. Es de aclarar, que la validación de estas unidades didácticas será un estudio posterior al que se expone.

Por último, los resultados indican que los obstáculos más marcados son el obstáculo general y el obstáculo verbal, siguiendo con iguales proporciones el obstáculo pragmático y el sustancialista. Por la naturaleza de estos, se infiere que la escuela ha tenido mucho que ver con la instalación de estos obstáculos, abriendo caminos de reflexión en el grupo de investigación.

METODOLOGÍA

El enfoque de investigación que se empleó en este trabajo es cualitativa puesto que los estudios referentes a esta modalidad, tienden a interpretar

y comprender la realidad social como fruto de un proceso histórico de construcción, visto a partir de las múltiples lógicas presentes en los diversos y heterogéneos actores sociales y por tanto desde sus aspectos particulares, rescatando la interioridad de los protagonistas ya que se trabaja con la palabra, el argumento y el consenso; de esta manera, juega un papel primordial el lenguaje, pues es a partir del discurso, los conversatorios, diálogos, entrevistas, entre otros, de los cuales se vale este enfoque para llegar a la subjetividad de los implicados.

Es evidente que los obstáculos que se presentan en el momento de asimilar un concepto científico son de carácter subjetivo y por ello requieren de múltiples estrategias cualitativas para su exploración.

En cuanto a la unidad de análisis, esta se constituyó con diez participantes del grado noveno seleccionados aleatoriamente. Las técnicas fueron en primera instancia la aplicación de un entrevista semiestructurada de pregunta abierta, que no pretendía indagar de manera directa y declarativa los saberes que los estudiantes han logrado internalizar por la intervención de la escuela y la experiencia misma; su principal objetivo era lograr que los participantes construyeran ricos relatos para que el grupo investigador pudiera identificar y clasificar los obstáculos. Para el alcance de este objetivo no se puede recurrir a la pregunta cerrada de única respuesta, ya que esta solamente activa la memoria, generando respuestas donde sería imposible visualizar categorías consecuentes con la pregunta de investigación. En este caso se hicieron preguntas del tipo: cuando escuchas hablar de célula ¿Qué ideas se te vienen a la mente?, ¿Cómo te imaginas una célula?

Seguidamente, se llevó a cabo una entrevista colectiva o grupo focal, con el fin de escuchar de los participantes, de una forma libre y espontánea, sus ideas y sus conocimientos en torno a la célula y poder ampliar la información y el primer esquema analítico. Este diálogo tuvo un carácter informal donde los investigadores realizaron preguntas del tipo: cuéntanos lo que has aprendido sobre la célula, ¿Qué piensas sobre las funciones que cumple la célula?



Una siguiente etapa (análisis) fue la de ordenar y clasificar la información arrojada por las diferentes técnicas e instrumentos hasta construir las categorías que dieron cuenta de los distintos obstáculos epistemológicos identificados. Además, fue precisa la utilización de algunas herramientas de carácter cuantitativo para otorgar mayor claridad a la presentación de los datos.

RESULTADOS

Descripción cualitativa de las categorías

Una vez analizados los datos aportados por los participantes, se procedió a categorizarlos teniendo en cuenta la afinidad en el sentido y significado de cada uno de los códigos construidos. En este proceso se definieron dos categorías cualitativas que dan cuenta de las ideas previas que los estudiantes poseen en torno al concepto de célula, así como de los obstáculos epistemológicos más marcados. A continuación, se describen cada una de ella

Categoría 1: Estructura, fisiología e importancia de la célula

Esta categoría está constituida por códigos que enfatizan que la célula es microscópica, diminuta y por ende la mínima parte del cuerpo; dicha concepción espontánea se nota muy arraigada en los estudiantes participantes. Parece ser que a lo largo de su trayectoria escolar es lo que han escuchado y aprendido. La anterior aseveración puede ilustrarse con códigos como:

«La célula es una parte diminuta».

«La célula humana es la mínima parte que hace grandes y pequeñas labores».

Otro de los elementos que aparece con mucha fuerza es el hecho que la célula para los estudiantes se relaciona con la vida. Claramente, se evidencia en las ideas espontáneas, que sin la célula no sería posible pensar en la vida. También es notable que los estudiantes tienen muy claro que

las células cumplen muchas funciones, incluso se maravillan al ver que siendo tan pequeña cumpla varias labores.

Muchos estudiantes recuerdan la célula como estructura funcional con muchos orgánulos; la dificultad reside en que no recuerdan las funciones y mucho menos una explicación científica en torno a su carácter vital.

Uno de los códigos que llama la atención es "es sorprendente que siendo la célula tan pequeña tenga tantos beneficios y a la vez cause daños". Esto revela que existe una concepción que atribuye a la célula la posibilidad de beneficiar o favorecer la vida o, por el contrario, producir daños, lo que se contradice con afirmaciones como: "la célula es una unidad pequeña y perfecta", es "más que microscópica". No se concibe entonces cómo algo perfecto puede causar mal.

También aparece en esta categoría la genética. Los estudiantes le atribuyen a la célula como función esencial la herencia, a través de componentes que lo permiten como los cromosomas y el ADN.

Finalmente, podría decirse que esta categoría no es muy rica en matices según las concepciones que la constituyen. Todos los participantes apuntan a adjetivar a la célula de vital y diminuta. Lo cierto es que se conocen los nombres de los componentes pero no se conoce la parte funcional y responsable de la vida.

Categoría 2: Origen y clasificación de las células

Aquí, en esta categoría, el código con más fuerza por el número de veces que aparece es: "Hay tres tipos de células: animal, vegetal y humana"; sin embargo, la mayoría de los niños concuerdan en afirmar que aunque todas las células tienen diferentes formas y partes, cumplen la misma función; en este caso, y por la información suministrada, favorecen la vida. Se observa que algunos alumnos tratan de distinguir en la célula vegetal características que la diferencian de las demás, identificándola con un color verdoso, forma aplanada, con pared

celular y productora de alimento. Dichas concepciones podrían originarse en la presentación de algunos materiales didácticos como láminas, libros de texto, gráficos y filminas.

Otro de los elementos que se relaciona con la situación anterior, que llama la atención y que bien

podría explicarse por los diversos tipos de obstáculos, es la concepción de varios estudiantes que apunta a afirmar que la célula tiene la forma de círculo; incluso, algunos participantes aseguran que las células «son unas bolas con muchas partes».

Clasificación por categorías de las ideas previas sobre la célula e identificación de obstáculos.

Figura 1. Categorías, códigos y obstáculos.

Categorías	Ideas previas que revelan con más fuerza la presencia de obstáculos	Obstáculos	Ideas previas que se acercan al concepto de célula
Estructura, fisiología e importancia de la célula	1. Parte vital más que microscópica, con muchos componentes. 2. La célula se relaciona con los seres vivos. 3. La célula es algo vital, pequeña e importante. 4. Las células son partículas diminutas, rodeadas unas de otras. 5. La célula es una parte muy diminuta. 6. La célula es la mínima parte del cuerpo. 7. La célula es demasiado microscópica. 8. Todos tenemos células. NOTA: Aunque algunas de estas concepciones podrían ubicarse como ideas previas que se aproximan al concepto de célula, se optó por ubicarlas aquí porque si bien es así, son ejemplos claros del obstáculo general.	OBSTÁCULO GENERAL	1. La célula tiene muchas funciones. 2. La célula se relaciona con la vida. 3. La célula tiene cromosomas y estos ADN. 4. La función del ADN es determinar la herencia. 5. La célula tiene muchas partes. 6. La célula tiene muchas partes como: membrana nuclear, el núcleo, los cromosomas, los ribosomas, el aparato de Golgi, la mitocondria, los retículos endoplasmáticos, el citoplasma
	1. La célula humana es la mínima parte que hace grandes y pequeñas labores en el organismo. 2. La célula se relaciona con microorganismos que ayudan al crecimiento. 3. Las células son muy importantes en nuestro cuerpo.	Obstáculo pragmático	
	1. La célula se relaciona con vida, sangre, medicina. 2. Las células son unidades muy pequeñas y perfectas. 3. Las células madres son muy importantes. 4. No hay células buenas ni malas, solo cambian.	Obstáculo verbal	
	1. Es sorprendente que siendo la célula tan pequeña tenga tantos beneficios y a la vez cause daños. 2. Es sorprendente que la célula siendo tan pequeña tenga tantas partes. 3. Las células se transforman y cada una de ellas tiene componentes.	Obstáculo sustancialista	
Origen y clasificación de las células	1. Existen cloroplastos tanto en la célula vegetal y animal. 2. Todas las células son diferentes en su forma y partes. 3. Todas las células cumplen la misma función. 4. Las células animal, vegetal y humana tienen componentes diferentes.	Obstáculo general	1. Tanto la célula animal como vegetal tienen partes comunes. 2. La célula animal y vegetal son similares.
	1. La célula vegetal tiene más componentes. 2. Existen tres tipos de células: animal, vegetal y humana. (este código se repite 6 veces) 3. La célula es un círculo con muchas partes. 4. Las células son unas bolas con muchas partes. 5. Existen tres tipos de células, cada una de ellas diferentes en sus formas y funciones. 6. La célula vegetal es de color verdoso y aplanada, posee pared celular. Produce alimento para la planta, posee pared celular.	Obstáculo verbal	

Fuente: elaboración propia.

Análisis cuantitativo de los códigos

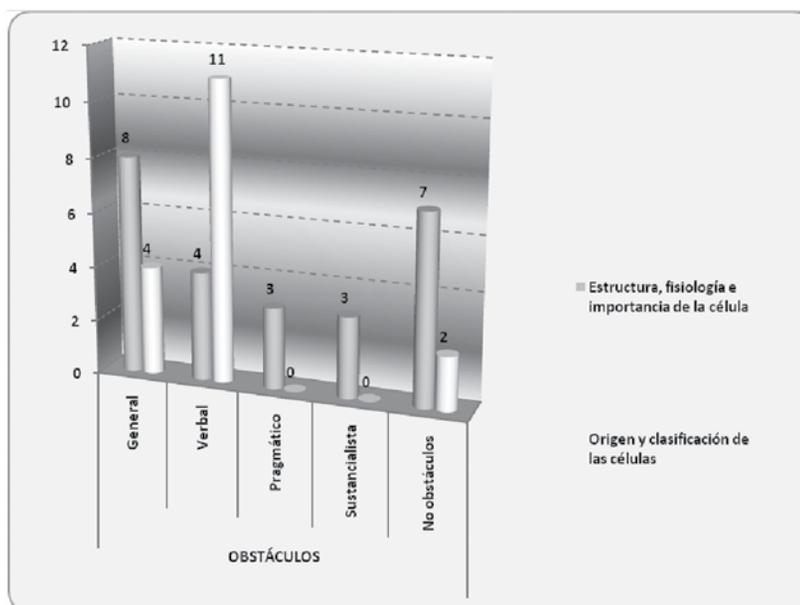
Dentro de la investigación se lograron construir dos categorías, y al interior de estas, se identificaron diferentes obstáculos (Véase, figura 2).

Figura 2. Categorías y obstáculos.

CATEGORÍA	Obstáculos					Total Códigos
	General	Verbal	Pragmático	Sustancialista	Ideas previas que se acercan al concepto de célula	
<i>Estructura, fisiología e importancia de la célula</i>	8	4	3	3	6	24
<i>Origen y clasificación de las células</i>	4	11	0	0	2	17

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Representación de los obstáculos en cada una de las categorías.



Fuente: elaboración propia.

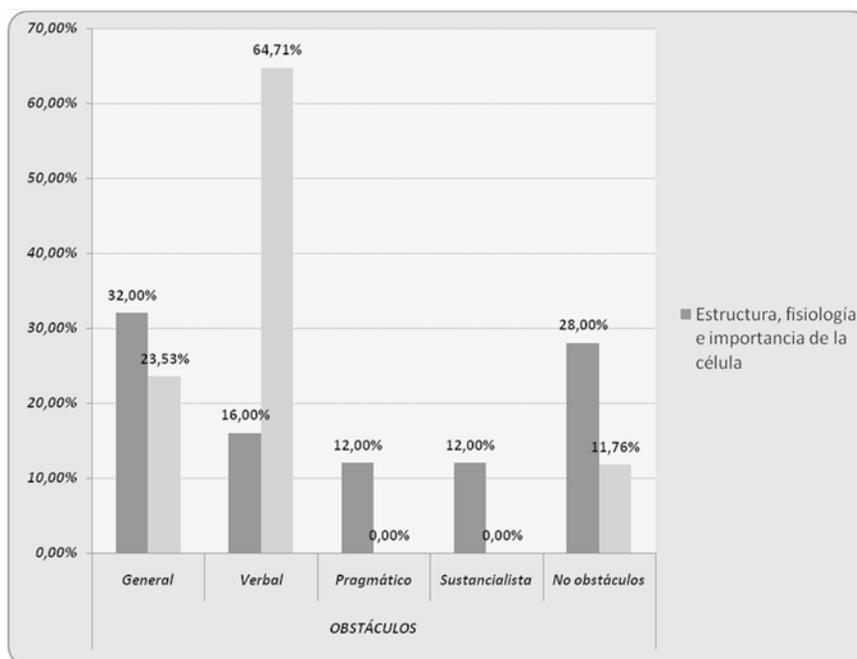
En la figura 3 se muestra que en la categoría uno predominan los obstáculos generales; en la categoría 2 predomina el obstáculo verbal y el general, de los 17 códigos encontrados.

En la figura 4 se observa la distribución porcentual de los códigos para ambas categorías. Como se mencionó, el obstáculo predominante en la categoría uno es el general con un 32%, que representa un total de 8 códigos, lo que puede significar que los estudiantes no tienen precisión en el concepto de célula. El 28% de los datos de la categoría arroja que los estudiantes tienen claridad

frente a la célula como parte fundamental de los seres vivos. El 40% restante, se divide en obstáculos verbal, pragmático y sustancialista.

Para la categoría 2, el 64.71% se refiere al verbal como principal obstáculo, lo que significaría que el docente en su secuencia didáctica, utiliza ejemplos, comparaciones, que si bien tienen un parecido o cierta familiaridad con el concepto enseñado, no pertenecen a él, pero se pueden instalar de manera potente en los aprendizajes del alumno. El obstáculo general abarca el 23.53% en el que se evidencia, nuevamente, que no hay precisión en lo aprendido. El 11.76% no constituyen obstáculos y no aparecen obstáculos pragmáticos ni sustancialistas.

Figura 4: Distribución porcentual de los obstáculos identificados.



Fuente: elaboración propia.



DISCUSIÓN

Se observa que los obstáculos verbal y general se convierten en ejes fundamentales para la discusión. De acuerdo al análisis, el obstáculo verbal ocupa el primer puesto con un 36.59% (Véase, figura 5).

Figura 5: Obstáculos percibidos en ambas categorías

Obstáculos percibidos en ambas categorías	General	Verbal	Pragmático	Sustancialista	Ausencia de obstáculos	Total Códigos
	29,27%	36,59%	7,32%	7,32%	19,51%	100,00%

Fuente: elaboración propia.

Como se ha mencionado anteriormente, esto proviene directamente del enseñante, quien es el que diseña las estrategias didácticas, tal vez con una intencionalidad orientada a lograr verdaderos aprendizajes a través de la vivencia de sus estudiantes de experiencias agradables, que cautiven su interés. Tapia y Arteaga (2009), señalan que algunas dificultades para el aprendizaje del concepto de célula se generan “por el uso de ilustraciones simplificadas en los textos y el aula”. Analizaron el manejo de las ilustraciones como estrategia para la enseñanza de la célula en la Educación Básica, encontrando que “las mismas son utilizadas en el aula, pero poco aprovechadas y en otros casos usadas inapropiadamente” (p.2).

El segundo obstáculo en importancia se representa con un 29.27%, que hace alusión al obstáculo general y que según Bachelard (2000) se produce “cuando las leyes generales bloquean el pensamiento, pues al considerarse tan acabadas no cabe posibilidad de criticarse. El espíritu pre-científico desdeña el detalle, lo específico y lo particular, dando lugar a un conocimiento vago” (p.86). Con base en esta consideración, se puede deducir que la generalidad en el aprendizaje puede tener su génesis en una escasa profundidad de las enseñanzas, quedándose muchas veces en lo meramente superficial, debido, entre otras cosas, a una concepción simplista del aprendizaje por parte del profesor, un plan de estudios extenso que

requiere ser evacuado, espacios insuficientes para lograr amplitud y una comprensión profunda de los conceptos, así como también a la existencia de un gran abanico de áreas y asignaturas que poco favorecen el aprendizaje en profundidad y sí contribuyen con la adquisición de aprendizajes superficiales. Con relación a lo anotado y en la perspectiva de Pozo y Gómez (2006):

La escuela debería concentrarse en la enseñanza de los conceptos y principios que permitan comprender los fenómenos que nos circundan. Hay que situar la educación científica en el contexto de una sociedad en la que sobra información y faltan marcos conceptuales para interpretar esa información, de modo que la transmisión de datos no debería constituir un fin principal de la educación científica, que debería estar dirigida más bien al mundo que nos rodea, a comprender las leyes y principios que lo rigen (p. 88).

No se puede negar que a pesar de las constantes reflexiones en torno a la pregunta ¿Qué enseñar hoy?, cuando la información satura cada espacio, todavía los planes de estudio se sostienen en un cúmulo de datos y enseñanzas específicas que no contribuyen con el aprendizaje de los conceptos que arman la producción científica. Definitivamente, no hay duda que una escuela interesada en desarrollar el pensamiento científico de los estudiantes debería

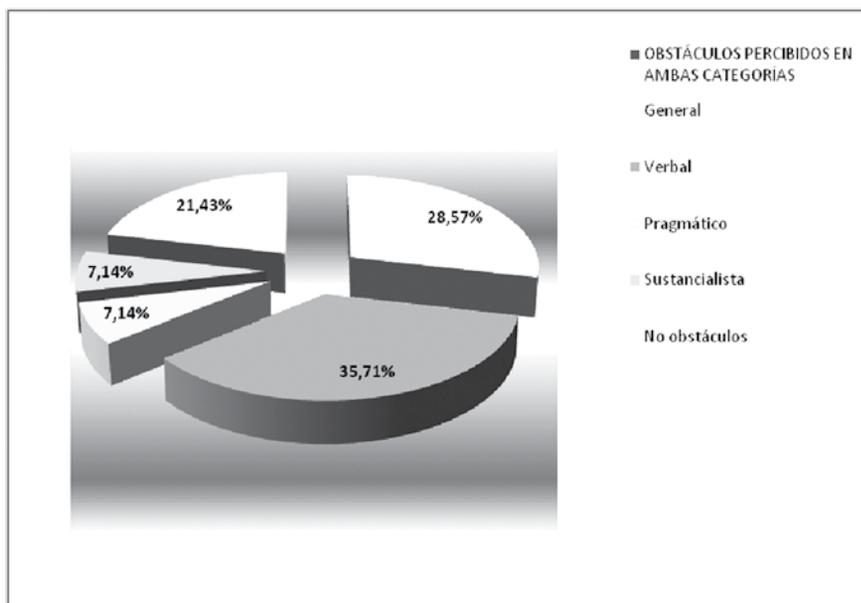
enseñar lo básico; es decir, la estructura o los conceptos fundamentales sobre los cuales se soporta la ciencia, para hacerlo con profundidad. Al respecto, Mora (2002) confirma que:

El uso de generalizaciones favorece las equivocaciones porque los conceptos se vuelven vagos, e indefinidos, ya que se dan definiciones demasiado amplias para describir el hecho o el fenómeno y se deja de lado aspectos esenciales, los detalles que son los que realmente permiten exponer con claridad y exactitud los caracteres que permiten distinguirlos y conceptuarlos correctamente (p. 5).

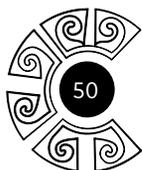
De otro lado, el 14.64% de los datos, representa los obstáculos pragmático y sustancialista, lo cual puede significar – en el caso del primer obstáculo-

que lo realmente importante para los estudiantes es la utilidad que representa para el hombre la célula y con ello creen aproximarse al concepto. En el caso del segundo, y tomando a Bachelard, (1975) “es otro obstáculo polimorfo que se compone de la reunión de intuiciones desde las más alejadas hasta las más opuestas, proviniendo de la experiencia, de la imaginación y de los mitos”(p. 115). Para otros autores, tal vez la definición del sustancialismo es más comprensible, por ejemplo para Pozo y Gómez (2006) este obstáculo no es más que la “atribución de una entidad material a buena parte de los conceptos científicos”(p. 122). Para Viennot (Citado en Pozo & Gómez, 2006) “no es sino una manifestación más de la fe realista de los estudiantes: si algo existe en mi mente, debe existir, como una entidad material, también en el mundo” (p. 122).

Figura 6. Porcentajes de cada obstáculo.



Fuente: elaboración propia.



Transfiriendo lo anterior a las concepciones que los jóvenes han logrado construir en torno a la célula, se nota que han aprendido modelos materializados (obstáculo sustancialista, con un 7.14% del total de códigos en las dos categorías emergentes), tal vez enseñados en la escuela, que les ha permitido concretizar el nivel de abstracción y lo intangible de este concepto. Códigos como «es sorprendente que la célula siendo tan pequeña tenga tantas partes», ejemplifican cómo a partir de la experiencia escolar se han construido esquemas, dibujos, maquetas y representaciones físicas que si bien es cierto pueden respetar la naturaleza real de los modelos científicos, también pueden conducir al desdibujamiento de los mismos, situación que es bastante susceptible de ocurrir en el aula y en la escuela (Véase, figura 6).

Trayendo a la discusión un estudio realizado por Caballer y Jiménez (1992), donde se hizo el análisis de las ideas previas o espontáneas que tenían los estudiantes de diferentes niveles educativos, mediante preguntas directas con el fin de conocer estas ideas acerca de los organismos pluricelulares, se encontraron conclusiones similares o coincidentes a las del presente estudio. Algunas de ellas se citan a continuación.

-La mayoría del alumnado acepta que los seres vivos están formados por células.

-El esquema conceptual está más relacionado con un papel estructural de las células que con el papel funcional.

De lo expuesto, es posible decir que muchos de los obstáculos identificados en un aula de clase en particular, pueden extrapolarse a muchas más en el mismo contexto, incluso en otros, pues la cultura tiene mucho que ver en la génesis de los mismos y por ello se comparten de manera amplia, modos de entender y comprender el mundo.

Con base en lo que precede, se observa que persisten los mitos y creencias relacionados con la célula, a pesar de tantos años de estudio sistemático de los alumnos. A ciencia cierta podría decirse que la mayoría de ellos tienen su asidero

en la escuela, pero cómo negar que también tienen un origen cultural como lo exponen Pozo y Gómez (2006) diciendo: “el sistema educativo no es hoy el único vehículo – y a veces ni siquiera el más importante- de transmisión cultural, los alumnos accederían a las aulas con creencias socialmente inducidas sobre numerosos hechos y fenómenos” (p. 101). Además agregan que estos modelos “tienen un origen más lingüístico y cultural, por lo que, muchas veces se verbalizan con más facilidad” (p. 101) Entonces, vale la pena preguntar ¿si la función del docente en una de las etapas es desequilibrar las ideas previas o concepciones alternativas del estudiante, será que se ha ido consiguiendo este propósito?

Fundamentados, en el interrogante anterior, podríamos preguntarnos también si ¿es posible desarraigar completamente las concepciones que los niños y jóvenes traen a la escuela o de lo que se trata es de asumirlas como punto de arranque para acceder a elaboraciones científicas más complejas que las del sentido común? Para responder esta pregunta capital es necesario partir de una claridad: los obstáculos no pueden considerarse algo problemático o una situación anormal; por el contrario, ellos son condiciones normales, por cuanto se definen como modos de pensar que es necesario indagar para diseñar ambientes de aprendizaje que se encaucen a su superación.

Vale la pena acotar, que siendo Bachelard uno de los autores que más ha trabajado este constructo, lo ha hecho desde una perspectiva que supera la visión positivista de la ciencia, ya que declaró que “el conocimiento es producto de la actividad del sujeto y no consiste en una simple reproducción del mundo de las cosas” (Citado en Camilloni, 1997, p. 7). En esta perspectiva, se asume que una posición radical situada en el cambio conceptual, desconocería que los individuos interpretan el mundo y los conocimientos llevados al aula de acuerdo a sus experiencias previas y a sus representaciones adquiridas en la casa, en la calle o por la cultura, las cuales son sumamente arraigadas y prendidas de un componente afectivo y práctico muy fuerte, pues son suficientes para existir en el mundo de la vida. De este modo, se deduce una



incompatibilidad entre las ideas previas y el conocimiento científico. Se considera, que es más plausible hablar de evolución conceptual, introduciendo eso sí, de forma muy marcada los procesos metacognitivos.

En esta última posición, Pozo (Citado en Tamayo, 2001) plantea que “en la evolución conceptual se requiere construir estructuras conceptuales más complejas a partir de otras más simples y posiblemente establecer usos diferenciales según los contextos de aplicación de las diferentes teorías” (p. 30). Con base en esto, bien podría inferirse una cierta compatibilidad entre las ideas previas y el conocimiento científico de donde se deriva incluso la nominación idea previa.

CONCLUSIONES

Se encuentra que los principales obstáculos para aprender el concepto de célula son: el conocimiento general y el obstáculo verbal. Además, con menos fuerza están los obstáculos sustancialista y pragmático. La interpretación de esta situación permite decir que los dos primeros tienen un origen básicamente escolar, mientras los dos segundos, si bien también se asientan en los modos de enseñar, pueden tener un asidero cultural.

Aunque los obstáculos fueron investigados en torno al concepto de la célula es cierto que ellos no pueden situarse en ese contexto local, pues según las investigaciones el obstáculo posee una naturaleza transversal que permite hacer transferencia de él a contenidos más generales; en este caso a un conjunto de conceptos vinculados a lo biológico.

Por lo anterior, se concluye que se requiere una reflexión profunda en los maestros de ciencias sobre el modo como han orientado la enseñanza de manera que se puedan hacer transformaciones más apoyadas en los estudios sobre las representaciones, metacognición, la evolución conceptual y otras variables que intervienen en la enseñanza.



REFERENCIAS

- Astolfi, J. (1999) El tratamiento didáctico de los obstáculos epistemológicos, *Revista Educación y Pedagogía*, 11(25), 151-171.
- Bachelard, G. (1975). *La formación del espíritu científico*. Buenos Aires, Siglo XXI Editores S.A.
- Caballer, M. J. & Giménez, I. (1992). Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general básica. Recuperado el 3 de agosto de 2010, de www.ra.cat/index.php/enseñanza/article/viewFile/39818/93185.
- De Camilloni, A. (1997). *Los obstáculos epistemológicos en la enseñanza*, Barcelona: Gedisa.
- De Zubiría, M., Brito, J.G., Coral, L., Molina, R., Otálora, M., Sarmiento, B.G, Vega, P & Días, N. (2002). *Fundamentos filosóficos y epistemológicos de la pedagogía conceptual*. Bogotá: Fundación Internacional de Pedagogía Conceptual.
- Mengascini, A. (2006). *Propuesta didáctica y dificultades para el aprendizaje de la organización celular*. Recuperado el 20 de junio de 2012, de <http://www.apac-eureka.org/revista>.
- Mora, A. (2002). *Obstáculos epistemológicos que afectan el proceso de construcción de conceptos del área de ciencias en niños de edad escolar*. Recuperado el 3 de agosto de 2011, de <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/666/66630507.pdf>.
- Pozo, J. I & Gómez, M.A. (2006). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano XXXXal conocimiento científico*. Madrid: ediciones Morata, S.L.
- Rodríguez, M. L. & Moreira, M.A. (1999). *Modelos mentales de la estructura y el funcionamiento de la célula: Dos estudios de casos*. Recuperado el 19 de junio de 2012, de http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol4/n2/v4_n2_a1.htm.
- _____. (2002). *Modelos mentales Vs Esquemas de célula*. Recuperado el 17 de junio de 2012, de <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol7/n1/17indice.htm>
- Tamayo, O. E. (2001). *Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional*. Aplicación al concepto de respiración. Tesis de doctorado para la obtención del título de doctor en didáctica de las matemáticas y las ciencias experimentales, departamento o facultad de didáctica de las matemáticas y las ciencias experimentales. Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España.
- Tapia, F. & Arteaga, Y. (2009). *Uso de ilustraciones en la enseñanza de la célula: Un estudio de caso*, [versión electrónica]: <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-2434-2437.pdf>